

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

INTÉGRATION DES CONNAISSANCES, PRATIQUES ET ESPÈCES INDIGÈNES
DANS LA LUTTE CONTRE LES INVASIONS BIOLOGIQUES ET L'AMÉLIORATION
DE LA RESSOURCE EN EAU ET DE SA QUALITÉ : CAS DU BASSIN VERSANT DU
BARRAGE DE TINKISSO ET DE SA FORÊT HUMIDE SINCÉRY-OURSSA À DABOLA
(GUINÉE CONAKRY)

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

ALPHA MAMADOU DIALLO

OCTOBRE 2008

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

Il faut des sociétés sauvages pour protéger la nature sauvage de la modernité qui a transformé nos paysages. La rupture du lien sacré entre ces deux mondes par le monde moderne, est la cause de la dégradation de notre vie et de notre environnement. Plus l'Homme respecte la nature, plus celle-ci devient généreuse (Gestionnaire des forêts et mares sacrées en Haute Guinée).

REMERCIEMENTS

Si les travaux de terrain, de laboratoire et de rédaction de cette thèse ont été possibles, c'est grâce au soutien louable de nombreuses personnes et institutions auxquelles nous adressons de tout cœur, notre profonde reconnaissance et gratitude. Il s'agit tout d'abord de notre directeur de thèse Frédéric Monette, professeur à l'École de technologie supérieure (ÉTS) de l'Université du Québec à Montréal qui nous a accueilli et a accepté de diriger nos travaux avec abnégation et beaucoup de sacrifices. Les mêmes sentiments vont à notre co-directeur Patrick Béron professeur à l'Institut des Sciences de l'Environnement de l'Université de Québec À Montréal (UQAM) pour ses critiques et remarques pertinentes. Nous leur disons merci infiniment pour leur disponibilité, leur soutien et conseils qui ont permis l'avancement de ce travail. Nous remercions également l'Agence Canadienne de Développement International (ACDI) d'avoir financé la bourse, ainsi que tout le personnel de soutien du Programme Canadien des Bourses de la Francophonie (PCBF). Que l'ensemble du personnel des laboratoires du Centre d'Étude et de Recherche en Environnement (CÉRE) de l'Université de Conakry (Guinée), de l'ÉTS, des sciences de la terre et de chimie de l'Université de Québec À Montréal, trouve ici l'expression de notre profonde gratitude pour sa disponibilité et franche collaboration.

Nous n'oublions pas non plus les chaleureuses personnes rencontrées au cours des enquêtes en Guinée qui nous ont ouvert les portes du savoir traditionnel en particulier des sages autochtones gestionnaires des mares et des forêts sacrées et pour qui il faut des peuples sauvages pour protéger la nature sauvage de la modernité. Nous pensons également à nos enfants et à leur mère pour les sacrifices consentis et le bon travail accompli à l'école, ainsi qu'à Oumou Barry et à tous les parents et amis qui les ont soutenus pendant cette période d'absence. Enfin, nous restons reconnaissant à l'égard de toutes les personnes, qui de près ou de loin nous ont apporté leur soutien matériel et moral au cours de cette formation.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES.....	xv
RÉSUMÉ.....	xviii
ABSTRACT	xx
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I.....	4
REVUE DE LA DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE	4
1.1 Problématique des ressources hydriques et forestières	4
1.1.1 Pressions sur les ressources hydriques et forestières et conséquences.....	6
1.1.2 Connaissances traditionnelles et conservation des ressources hydriques et forestières	8
1.1.3 Impacts des espèces exotiques sur la biodiversité et les ressources en eau.....	11
1.1.4 Pollution des eaux par les nitrates et procédés de traitement.	13
1.1.5 Maladies liées à l'eau et environnement	18
1.1.5.1 Maladies d'origine hydrique	18
1.1.5.2 Maladies à support hydrique.....	19
1.1.5.3 Maladies transmises par les vecteurs liés à l'eau	19
1.1.5.4 Maladies liées au manque d'hygiène.....	20
1.1.6 Importance des enquêtes dans la compréhension des problèmes environnementaux	20
1.2 Problématique spécifique et contexte de l'étude : Guinée-Conakry	22
1.2.1 Amélioration de la qualité des eaux à l'aide de parties de plantes.....	25
1.2.2 Amélioration de la qualité des eaux à l'aide des argiles locales	28
1.2.3 Hypothèses de recherche.....	30
1.2.4 Objectifs de recherche.....	30
CHAPITRE II.....	32
ZONES D'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	32
2.1 Présentation du pays d'étude.....	32
2.2 Présentation des zones d'étude.....	33

2.2.1 Bassins aménagés du massif du Foutah Djallon : cas de Dalaba et de Pita	33
2.2.2 Bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide Sincéry-Ourssa à Dabola	35
2.3 Méthodes d'enquête	40
2.3.1 Expérimentation d'une approche méthodologique participative et interactive d'enquête fondée sur les valeurs et pratiques traditionnelles	40
2.3.2 Méthodes conventionnelles d'enquête	46
2.4 Matériels et méthodes d'analyses physico-chimiques et minéralogiques	48
CHAPITRE III	54
RÉSULTATS DES ENQUÊTES SUR LES ESPÈCES EXOTIQUES ET AMÉLIORÉES INTRODUITES DANS LES BASSINS AMÉNAGÉS DU MASSIF DU FOUTAH DJALLON : CAS DE DALABA ET DE PITA	54
3.1 Introduction	54
3.2 Institutions de gestion des ressources forestières, hydriques et agricoles	55
3.3 Dispositions réglementaires	57
3.4 Capacité de recherche et de formation dans le domaine des ressources hydriques et forestières	58
3.5 Activités de conservation des ressources forestières et hydriques	59
3.5.1 Conservation <i>in situ</i>	61
3.5.2 Conservation <i>ex situ</i>	62
3.5.3 Conservation des ressources phytogénétiques	63
3.6 Institutions impliquées dans l'introduction des espèces exotiques et des OGM	65
3.7 Maladies associées aux espèces exotiques introduites	66
3.8 Espèces exotiques introduites dans les aménagements des bassins fluviaux et des forêts classées : cas de Dalaba et de Pita	68
3.9 Impacts socioéconomiques et environnementaux des forêts exotiques	70
3.10 Discussion	73
3.11 Conclusion	82

CHAPITRE IV	85
RÉSULTATS DES ENQUÊTES SUR LA COGESTION, LES CONNAISSANCES, PRATIQUES ET ESPÈCES PHYTOGÉNÉTIQUES INDIGÈNES À UTILISER POUR LA RESTAURATION DU BASSIN DU BARRAGE DE TINKISSO ET DE SA FORÊT HUMIDE SINCÉRY-OURSSA À DABOLA	85
4.1 Introduction.....	86
4.2 Participation des populations dans la cogestion des bassins et des forêts classées.....	87
4.2.1 Enjeux et perceptions de la cogestion	87
4.2.2 Dangers de l'extension précipitée de la cogestion dans les zones humides sous contrôle autochtone.	90
4.3 État de la biodiversité, des connaissances et pratiques traditionnelles au niveau du bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide Sincéry Ourssa	92
4.3.1 Importance socioéconomique, culturelle et environnementale du peuplement de rôniers et des forêts et mares sacrées du site de Tinkisso.	93
4.3.2 Faune et flore du site	96
4.3.3 Impacts de l'élevage et de l'agriculture itinérants sur les ressources du bassin.....	98
4.3.4 Plantes alimentaires et reboisement	100
4.3.5 Espèces exotiques et ligneuses utilisées comme bois d'œuvre	101
4.4 Médecine traditionnelle et environnementale.	102
4.4.1 Écosystèmes et santé et décontamination des points d'eau.....	106
4.4.2 Usages traditionnels des argiles locales	118
4.5 Discussion	120
4.5.1 Participation des populations dans les projets de développement.....	120
4.5.2 Importance des connaissances et pratiques endogènes de conservation des ressources hydriques et forestières.....	123
4.5.3 Écosystème et santé dans le site Ramsar de Tinkisso.	128
4.5.4 Utilisation des argiles et des plantes pour la fixation du bétail	131
4.5.5 Cogestion du bassin de Tinkisso et de sa forêt classée et lutte contre la pollution de la ressources en eau à travers le reboisement.....	134
4.5.6 Production de coagulants et d'adsorbants naturels locaux	136

4.6	Conclusion	137
CHAPITRE V		141
ENLÈVEMENT DES NITRATES À L'AIDE DE PRODUITS NATURELS LOCAUX..		141
5.1	Introduction.....	141
5.2	Caractérisation des argiles locales	143
5.2.1	Tests d'appréciation de la contamination des argiles par les nitrates.....	143
5.2.2	Mesure du pH des argiles selon la méthode TCLP (toxicity characteristic leaching procedure).....	146
5.2.3	Composition en métaux totaux des argiles contaminées par les nitrates.....	147
5.2.4	Composition chimiques des argiles non contaminées par les nitrates.....	148
5.2.5	Composition minéralogique des argiles non contaminées par les nitrates....	154
5.3	Enlèvement des nitrates par les poudres et les suspensions des argiles conditionnées et non conditionnées	155
5.3.1	Enlèvement des nitrates par les poudres des argiles conditionnées et non conditionnées.....	155
5.3.2	Enlèvement des nitrates par les suspensions des argiles et par traitement discontinu.....	157
5.3.3	Influence du pH sur l'enlèvement des nitrates par les suspensions des argiles (sans filtration)	158
5.4	Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension des graines de <i>Moringa oleifera</i>	160
5.4.1	Enlèvement des nitrates par la poudre de <i>Moringa oleifera</i> et influence de la durée de conservation des graines	160
5.4.2	Enlèvement des nitrates par la suspension de la poudre de <i>Moringa oleifera</i>	165
5.4.3	Enlèvement des nitrates par traitement discontinu avec la suspension de <i>Moringa oleifera</i>	167
5.4.4	Influence du pH sur l'enlèvement des nitrates par la suspension de <i>Moringa oleifera</i>	169

5.5	Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension des graines d'autres plantes	170
5.5.1	Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension d' <i>Anacardium occidentalis</i>	170
5.5.2	Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension <i>Tamarindus indica</i> (TI)	171
5.5.3	Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension de <i>Terminalia cattapa</i> (TC)	172
5.5.4	Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension d' <i>Adansonia digitata</i> (AD)	173
5.6	Utilisation des argiles et des graines de plantes à différents cycles de filtration pour l'enlèvement des nitrates.	173
5.7	Enlèvement des nitrates par les mélanges d'argile et de <i>Moringa oleifera</i>	176
5.8	Discussion	177
5.9	Conclusion	187
CHAPITRE VI		191
TRAITEMENT DES EAUX DE PUITS ET DE MARIGOT À L'AIDE DE <i>MORINGA OLEIFERA</i> ET DES ARGILES LOCALES.		191
6.1	Introduction.....	191
6.2	Enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits et de marigot avec <i>Moringa oleifera</i> (MO) et les argiles locales	193
6.2.1	Enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de puits avec la poudre et les extraits de <i>Moringa oleifera</i> L	193
6.2.2	Enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de puits avec la poudre de MO et les argiles locales.....	197
6.3	Enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de marigot avec la poudre, les extraits de <i>Moringa</i> et les argiles	199
6.4	Enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de marigot et de puits par le mélange d'argile et de la poudre de <i>Moringa</i>	202
6.5	Discussion	204
6.6	Conclusion	210

CHAPITRE VII.....	212
INTÉGRATION DES CONNAISSANCES, PRATIQUES ET ESPÈCES INDIGÈNES DANS LA LUTTE CONTRE LES INVASIONS BIOLOGIQUES ET L'AMÉLIORATION DES RESSOURCES HYDRIQUES ET FORESTIÈRES	212
7.1 Introduction.....	213
7.2 Dangers du commerce et de l'utilisation des espèces exotiques et des OGM en Guinée et nécessité de l'utilisation et de la valorisation des espèces indigènes.....	214
7.3 Problématique de la cogestion des bassins et de forêts avec les populations.....	217
7.4 Nécessité de la mise en synergie des cadres juridiques et institutionnels modernes et traditionnels pour assurer le succès de la cogestion des ressources hydriques et forestières et la résolution des conflits.....	220
7.5 Intégration des connaissances et espèces indigènes pour l'amélioration de la ressource en eau et de sa qualité et la lutte contre les invasions biologiques et les maladies liées à l'eau.	228
7.6 Intégration des connaissances traditionnelles dans la cogestion pour la fixation du bétail et la réduction de ses impacts sur les bassins versants et les forêts.....	234
7.7 Intégration des connaissances et pratiques traditionnelles dans les projets pour la restauration et la sacralisation des écosystèmes hydriques et forestiers.	237
7.8 Nécessité de la mise en relation de divers modes académique et non académique d'appréhension du réel tangible et intangible pour enraciner l'action environnementale des citoyens dans la culture	244
ANNEXES	265
BIBLIOGRAPHIE	269

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Carte provinciale et régionale de la Guinée (Nations Unies, 2004).....	34
Figure 2.2	Les jardins de Chevalier de plantes exotiques de Dalaba (Foutah Djallon).	35
Figure 2.3	(a et b) Carrières d'exploitation artisanale (a) et industrielle (b) d'or dans les bassins du site Ramsar de Tinkisso en Haute Guinée.	36
Figure 2.4	Colonnes de fumées provoquées par les fréquents feux de brousse saisonniers dans les bassins de Tinkisso en Haute Guinée.	37
Figure 2.5	Carte des forêts classées de la Guinée (Catterson <i>et al.</i> , 2001).	39
Figure 2.6	Femme préparant la poudre et la suspension des graines de <i>Moringa</i> <i>oleifera</i> pour la coagulation floculation de son eau.	49
Figure 2.7	Vente des argiles locales par les femmes à des fins thérapeutiques (usages internes et externes).	50
Figure 2.8	Système traditionnel de filtration d'eau de boisson (puits) sur couche de sable.	51
Figure 3.1	Villes et Centres de Recherches Agronomiques (CRA) de Guinée.....	64
Figure 4.1	Festival des confréries des chasseurs traditionnels de l'Afrique de l'Ouest à Bamako en 2005.	98
Figure 4.2	Élevage itinérant et impacts sur les ressources des bassins versants.	99
Figure 4.3	Laye Kaba, guérisseur traditionnel et héritier de la bibliothèque de Kanté montrant un des tomes de son maître sur les plantes médicinales.	103
Figure 4.4	Point d'eau d'approvisionnement décontaminé des vecteurs des bilharzioses à l'aide de décoctions et de poudres de parties de plantes par les guérisseurs traditionnels.	110
Figure 5.1	(a et b) Enlèvement des nitrates par la poudre de l'argile AK naturelle (a) et conditionnée (b) avec une solution saturée de NaCl à pH 7,57.	155
Figure 5.2	(a et b) Enlèvement des nitrates par la poudre de l'argile AJ naturelle (a) et conditionnée (b) avec une solution saturée de NaCl à pH 7,57.	156

Figure 5.3	(a et b) Enlèvement des nitrates par la poudre de l'argile ABM naturelle (a) et conditionnée (b) avec une solution saturée de NaCl à pH 7,57.....	156
Figure 5.4	(a, b, c et d) Enlèvement des nitrates par la suspension de l'argile ABM (2h) suivie de rajout des mêmes quantités du produit à chaque cycle de filtration (4h et 6h).....	158
Figure 5.5	(a et b) Enlèvement des nitrates par la suspension de l'argile AK à pH 7,57 (a) et pH 3 (b).	159
Figure 5.6	(a et b) Enlèvement des nitrates par la suspension de l'argile ABM à pH 7,57 (a) et à pH 3 (b).....	159
Figure 5.7	(a et b) Enlèvement des nitrates par la poudre des graines de <i>Moringa oleifera</i> conservées pendant trois mois (a) et trois ans (b) à pH 7,57.	161
Figure 5.8	(a, b, c, d, e et f) Enlèvement des nitrates par la poudre de <i>Moringa oleifera</i> à pH 7,57.	162
Figure 5.9	(a, b, c, d, e et f) Enlèvement des nitrates par la poudre de <i>Moringa oleifera</i> à pH 7,57 après filtration suivie de rajout des mêmes quantités de poudre à chaque cycle de filtration (4h, 6h et 8h).....	164
Figure 5.10	(a, b, c, d, e, f et g) Enlèvement des nitrates par la suspension de <i>Moringa oleifera</i> à pH 7,57.	166
Figure 5.11	(a, b, c, d, e et f) Enlèvement des nitrates par la suspension de <i>Moringa oleifera</i> à pH 7,57 après filtration et rajout des mêmes quantités de la suspension à chaque cycle de filtration (4h et 6h).	168
Figure 5.12	(a, b, c et d) Effet du pH 7,57 (en a et b) et du pH 3 (en c et d) sur l'enlèvement des nitrates par la suspension de <i>Moringa</i>	169
Figure 5.13	(a, b et c) Enlèvement des nitrates par la poudre (a) et la suspension de la pâte des graines d' <i>Anacardium occidentale</i> (b et c) après filtration et rajout à pH 7,57.	170
Figure 5.14	(a, b, c et d) Enlèvement des nitrates par la poudre (a et b) et la suspension des graines non cuites (c) et cuites (d) de <i>Tamarindus indica</i> après filtration et rajout des mêmes quantités de la suspension à chaque cycle de filtration à pH 7,57.....	171

Figure 5.15 (a, b,) Enlèvement des nitrates par les suspensions (a) et la poudre (b) de <i>Terminalia cattapa</i> à pH 7,57 après filtration et rajout à chaque cycle de filtration.....	172
Figure 5.16 (a et b) Enlèvement des nitrates par la suspension (a) et la poudre (b) d' <i>Adansonia digitata</i> après filtration et rajout du produit à chaque cycle de filtration à pH 7,57.....	173
Figure 5.17 (a et b) Enlèvement des nitrates par l'argile ABM au premier cycle (2h) suivie de filtration et de rajout de la suspension de <i>Moringa</i> aux autres cycles de filtration (4h et 6h) à pH 7,57.....	174
Figure 5.18 (a et b) Enlèvement des nitrates par l'argile AK au premier cycle (2h) suivie de filtration et de rajout de la suspension de <i>Moringa</i> aux autres cycles de filtration (4h et 6h) à pH 7,57.....	174
Figure 5.19 (a et b) Utilisation de l'argile AK (a) et de la suspension de <i>Moringa</i> (b) au premier cycle (2h), suivie de filtration et de rajout de la suspension des graines d' <i>Anacardium occidentale</i> (AO) aux autres cycles de filtration (4h et 6h) à pH 7,57.....	175
Figure 5.20 (a, b, c et d) Enlèvement des nitrates par le mélange de l'argile ABM et du <i>Moringa oleifera</i> à pH 7,57.	176
Figure 6.1 (a et b) Enlèvement de la turbidité (a) et de la couleur (b) de l'eau de puits par l'argile AB (à pH = 5,6).....	199
Figure 6.2 (a et b) Enlèvement de la turbidité (a) et de la couleur (b) de l'eau de marigot par la poudre de <i>Moringa oleifera</i> (MO) à pH 5,8.....	202
Figure 7.1 Intégration des connaissances, pratiques et espèces indigènes dans l'amélioration de la ressource en eau et de sa qualité.....	231
Figure 7.2 Couvents initiatiques de formation des confréries traditionnelles pour la conservation des ressources hydriques et forestières.....	245
Figure 7.3 Établissement interdisciplinaire de méthodes de recherches mixtes (MRM) pour la mise en synergie des connaissances et recherches modernes (CRM) et traditionnelles (CRT) et la préservation des deux diversités biologique et culturelle.....	251

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Paramètres de travail du jar test (coagulation floculation).....	52
Tableau 2.2	Méthodes analytiques.....	53
Tableau 2.3	Protocole de conditionnement des argiles avec du sel de table.....	53
Tableau 3.1	Origines des espèces de <i>Pinus</i> introduites à Dalaba (Delorme, 1998).....	69
Tableau 4.1	Pantes utilisées contre le paludisme et autres maladies	107
Tableau 4.2	Plantes utilisées contre les bilharzioses et autres maladies	110
Tableau 4.3	Plantes utilisées contre l'Onchocercose et la Trypanosomiase	113
Tableau 4.4	Plantes utilisées contre la dracunculose et autres maladies.....	115
Tableau 4.5	Plantes utilisées en traitement des eaux	117
Tableau 5.1	Relargage des nitrates par les argiles après agitation à 150 rpm, lors du traitement de l'eau de forage contenant 11,1 mg-N/L de nitrates	144
Tableau 5.2	Effet de la durée d'ébullition sur la concentration des nitrates dans les eaux contaminées de puits et de forage	145
Tableau 5.3	pH des argiles mesurés selon la méthode TCLP (toxicity characteristic leaching procedure)	146
Tableau 5.4	Composition en métaux des argiles contaminées par les nitrates (mg/kg)..	147
Tableau 5.5	Composition chimique de l'argile AJ non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl	149
Tableau 5.6	Composition chimique de l'argile ABM non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl	150
Tableau 5.7	Composition chimique de l'argile AB non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl	151
Tableau 5.8	Composition chimique de l'argile ATA non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl	152
Tableau 5.9	Composition chimique de l'argile AK non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl	153

Tableau 5.10	Composition minéralogique des argiles en pourcentage (XRD).....	154
Tableau 6.1	Enlèvement de la turbidité (UTN) de l'eau de puits par les extraits et la poudre de <i>Moringa oleifera</i> (MO) à pH = 5,6	194
Tableau 6.2	Enlèvement de la couleur (UCV) de l'eau de puits par les extraits et la poudre	195
Tableau 6.3	Effet de la combinaison de la coagulation floculation avec <i>Moringa</i> et de la filtration sur couche de sable de 20 cm d'épaisseur pour la réduction de la durée de traitement à pH 5,5	196
Tableau 6.4	Enlèvement de la turbidité (UTN) de l'eau de puits par la poudre de <i>Moringa oleifera</i> (MO) et les argiles locales à pH = 5,8.....	197
Tableau 6.5	Enlèvement de la couleur (UCV) de l'eau de puits par la poudre de <i>Moringa oleifera</i> (MO) et les argiles locales à pH = 5,8.....	198
Tableau 6.6	Enlèvement de la turbidité (UTN) de l'eau de marigot par les extraits, la poudre de <i>Moringa oleifera</i> et les argiles locales à pH 5,5	200
Tableau 6.7	Enlèvement de la couleur (UCV) de l'eau de marigot par la poudre, les extraits de <i>Moringa oleifera</i> (MO) et les argiles locales à pH 5,5	201
Tableau 6.8	Enlèvement de la turbidité (UTN) des eaux de puits et de marigot par le mélange des argiles AB et AK et de la poudre de <i>Moringa oleifera</i> (MO) à pH 5,8	203
Tableau 6.9	Enlèvement de la couleur (UCV) des eaux de puits et de marigot par le mélange des argiles et de la poudre de <i>Moringa oleifera</i> (MO) à pH 5,8	203

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

AA	Adsorption Atomique
AD	<i>Adansonia digitata</i>
ADRAO	Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest
AGADA	Agir Autrement pour le Développement en Afrique
AO	<i>Anacardium occidentale</i>
BM	Banque mondiale
CAMPFIRE	Communal Areas Management Program For Indigenous Ressources
CER	Collège d'Enseignement Rural
CÉRE	Centre d'Étude et de Recherche en Environnement
CERESCOR	Centre de Recherche Scientifique et Océanographique de Rogbané
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
CNE	Commissions Nationales de l'Eau
CRA	Centre de Recherche Agronomique
CRD	Communauté Rurale de Développement
CRDI	Centre de Recherches pour le Développement International
CRM	Connaissances et Recherches Modernes
CRT	Connaissances et Recherches Traditionnelles
CRZ	Centre de Recherche Zootechnique
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
DMT	Division de la Médecine Traditionnelle
DNA	Direction Nationale de l'Agriculture
DNE	Direction Nationale de l'Environnement
DNEF	Direction Nationale des Eaux et des Forêts
DNGRE	Direction Nationale de la Gestion des Ressources en Eau
DNH	Direction Nationale de l'Hydraulique
ECR	Essais Comparatifs de Rendement

EIEP	Étude d'impact environnemental programmatique
ÉNATEF	École Nationale des Agents Techniques des Eaux et des Forêts
EPA	United States Environmental Protection Agency
ES	European Schoolbooks
FAO	Food and Agriculture Organization
FEM	Fond pour l'Environnement Mondial
FMI	Fond Monétaire International
GCRAI	Groupe Consultatif pour la Recherche Agronomique Internationale
ICRISAT	International Crop Research Institute for Semi-Arid Tropics
IIRP	International Institute for Restorative Practice
IIRSDA	Institut International de Recherche Scientifique pour le Développement en Afrique
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
IPGRI	International Plant Genetic Research Institute
IRAG	Institut de Recherche Agronomique de Guinée
IRRI	International Rice Research Institute
LPDA	Lettre de Politique de Développement Agricole
MAEF	Ministère de l'Agriculture, des Eaux et des Forêts
MÉNRS	Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche Scientifique
MHE	Ministère de l'Hydraulique et de l'Énergie
MO	<i>Moringa Oleifera</i>
MRM	Méthodes de Recherche Moderne
OGM	Organisme Génétiquement Modifié
OGUIB	Office Guinéen du Bois
OIT	Organisation Internationale du Travail
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONADER	Opération Nationale pour le Développement de la Riziculture
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
ORSTOM	Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer
OUA	Organisation de l'Unité Africaine

PAFN	Plan d'Action Forestier National
PE	Points d'Essais
PEGRN	Projet Élargi de Gestion des Ressources Naturelles
PNAE	Plan National d'Action pour l'Environnement
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PRB	Population Reference Bureau
PRL	Pouvoir Révolutionnaire Local
PRV	Projet de Reboisement Villageois
SAFGRAD	Semi-Arid Food Grain Research and Development
SAG	Société Ashanti Goldfields
SEDG	Société d'Électricité de Guinée
SEEG	Société d'Exploitation des Eaux de Guinée
SNAPE	Service National d'Aménagement des Points d'Eau
SNPRV	Service National de la Promotion Rurale et de la Vulgarisation
SONEG	Société Nationale des Eaux de Guinée
TEI	Test d'Évaluation Initiale
TC	<i>Terminalia cattapa</i>
TCLP	Toxicity Characteristic Leaching Procedure
TI	<i>Tamarindus indica</i>
UEP	Unités Expérimentales Paysannes
UICN	Union International pour la Conservation de la Nature
UNESCO	United Nations Education, Scientific and Cultural Organization
UNFPA	United Nations Population Fund
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund
USAID	United States Agency for International development
XRD	X-Ray Diffraction
XRF	X-Ray Fluorescence

RÉSUMÉ

En Guinée, en plus des pressions humaines, les ressources naturelles subissent les impacts de l'utilisation incontrôlée des espèces exotiques, des OGM, des engrais et des pesticides dans les principaux bassins versants. Le gouvernement et les citoyens sont peu conscients du danger des invasions biologiques et des politiques actuelles de développement. Peu d'études ont été menées dans ce domaine. La présente étude a consisté d'une part, à identifier ces espèces, les impacts, les enjeux de la cogestion des bassins, les connaissances, pratiques et espèces indigènes à utiliser pour leur restauration. D'autre part, à démontrer que contrairement aux pratiques et espèces exotiques actuelles, leur valorisation permet d'enraciner l'action environnementale des citoyens dans la culture, d'améliorer la ressource en eau, l'alimentation des populations, la fixation du bétail, la décontamination des points d'eau et le traitement des eaux et des maladies générées par les projets. Ceci a nécessité l'expérimentation d'une approche participative et interactive d'enquête, fondée sur les pratiques traditionnelles. C'est un jeu social et culturel d'accueil et d'appropriation de l'autre au cours du processus participatif. Il a permis de comprendre l'importance du champ culturel des populations autochtones dans la conservation. Celui-ci intègre à la fois le droit, l'éthique, les rapports sociaux, la sagesse populaire, la déontologie, les normes relatives à l'environnement, la science et la sacralité de la vie et de la nature. Les enquêtes réalisées au niveau des aménagements du massif du Foutah Djallon (Dalaba et Pita), considéré comme le château d'eau de l'Afrique de l'Ouest, ont montré que la recherche de la rentabilité et les critères des marchés contribuent à la disparition des forêts et de l'agriculture tropicales à travers l'homogénéisation et la spécialisation de la flore. Ceci a conduit à l'imposition de modèles agricoles et forestiers standardisés qui marginalisent le social, le culturel, la diversité et l'environnement. Les collections exotiques concernent les légumineuses alimentaires, les cultures maraîchères, céréalières, les tubercules, les agrumes et les semences forestières de *Pinus*, d'*Eucalyptus*, de *Cassia*, etc. Ces espèces épuisent les ressources en eau, éliminent la biodiversité et les habitats et répandent des ravageurs et des maladies exotiques telles que la *pyriculariose* et l'*helminthosporiose* au niveau des cultures céréalières et la *cercosporiose* des agrumes qui a détruit plus de la moitié de la production du pays sans prise de mesures d'atténuation.

Les enquêtes réalisées auprès des riverains du bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide ont montré que la cogestion est utilisée comme moyen pour obtenir des fonds et réduire les coûts des projets sans partage des bénéfices. Elle divise les populations et conduit à la désintégration des structures d'interface, à la déperdition écologique, à la privatisation des terres et à l'élimination des forêts et mares sacrées des populations autochtones qui ont façonné leurs identités et cultures. Leur cogestion a conduit à la perte de leur biodiversité originelle et à leur transformation en stations piscicoles et rizicoles. En outre, contrairement aux espèces exotiques, les huit argiles à usages internes et externes et les 126 plantes indigènes identifiées améliorent l'alimentation et la santé humaines et animales. Elles permettent la fixation du bétail, le traitement des eaux, du paludisme, de la trypanosomiase (ou maladie du sommeil) et autres maladies générées par les projets, ainsi que la

décontamination des points d'eau infectés par les vecteurs des bilharzioses, de l'onchocercose (cécité des rivières) et de la dracunculose. Les analyses ont montré que ces argiles constituées de kaolinite (32 à 83%), servent de barrières de stockage des métaux lourds et des nitrates dans les sols. Elles sont plus efficaces dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits que *Moringa oleifera* qui s'est avéré plus performant pour les eaux de surface affectées par l'exploitation minière, le ruissellement et le tarissement précoce. Leur combinaison est avantageuse pour les deux types d'eau. De plus, les graines de *Moringa*, d'*Anacardium occidentale*, de *Tamarindus indica*, de *Terminalia cattapa*, la pulpe des graines d'*Adansonia digitata* et ces argiles permettent de réduire de 53 à 86% des concentrations de 30 à 120 mg-N/L de nitrates. Leur performance est davantage favorisée par les suspensions, le pH acide et la filtration.

La synthèse des données a montré que les méthodes et techniques de conservation des autochtones ne sont pas caractérisées par la compétition et le dualisme Homme/Nature, mais par la synergie et l'émulation fondées sur le principe selon lequel, plus l'Homme respecte la nature, plus celle-ci devient généreuse. Grâce aux croyances, à la sagesse populaire, au sceau du sacré et à la maîtrise de l'*énergie vitale* au niveau des autels et de son transfert sur des objets de culte, ils ont pu sacraliser leurs écosystèmes et punir les irrévérencieux (à l'aide de leurs techniques d'envoûtement). Ces méthodes leur ont permis de maîtriser l'Homme dans sa complexité et ses désirs matériels et de domination de la nature. Elles accordent une importance à la formation pluridisciplinaire et à l'éducation relative à l'environnement de leurs confréries de chasseurs, d'éleveurs, d'agriculteurs, de pêcheurs et de divins dans leurs couvents initiatiques (forêts et mares sacrées). La gestion des conflits entre ethnies, clans, castes et professions est régie par l'arbre à palabre, les pactes d'alliances de sang, de lait, de mariage et de plaisanterie. Pour réconcilier leurs besoins avec les équilibres naturels et enraciner leur action environnementale dans la culture, leurs méthodes intègrent ainsi, divers modes empiriques et non empiriques d'appréhension du réel tangible et intangible. D'où la nécessité de leur intégration dans la cogestion des bassins versants et des forêts pour la conservation des ressources en eau et des deux diversités biologique et culturelle actuellement menacées par la mondialisation économique, les invasions biologiques et les changements climatiques.

Mots clés : espèces exotiques, OGM, connaissances traditionnelles, forêts et mares sacrées, énergie vitale, sacralisation écosystème, ressources eau, cogestion bassins versants, pollution, nitrates, traitement eau, coagulants, adsorbants et désinfectants naturels.

ABSTRACT

In Guinea, aside from human pressures, the natural resources are threatened by the uncontrolled growth of the exotic species, and the use of GMOs, manures, and pesticides in the principal drainage basins. The government and its citizens are unaware of the danger being caused by these biological invasions and the current policies surrounding their development. Few studies have been carried out in this field. This present study seeks, on the one hand, to identify these species, their impacts and the stakes of their coexistence in the basins, the indigenous knowledge and practices, and the species available to be used for their restoration. On the other hand, it serves to show that contrary to the current practices and exotic species, their development allows for the entrenching of environmental action of the citizens in their culture, improved the water resources, food for the populations, the settling of livestock, the decontamination of the water sources, and the treatment of water and diseases generated by the projects. This required the testing of a participative and interactive approach of investigation based on traditional practices. It is a social and cultural play of reception and domestication of the other during the participatory process. It made it possible to understand the importance of the autochthons populations' cultural field in the conservation. At the same time, it integrates law, ethics, social relationships, popular wisdom, standards relating to the environment, science, and the sacredness of life and nature. The investigations carried out at the new massive development of Foutah Djallon (Dalaba and Pita), considered the water tower of West Africa, showed that, the quest for profitability and the market criteria contribute to the disappearance of the tropical forests and agriculture through the homogenization and the specialization of the flora. This led to the imposition of agricultural and forest standardized models that marginalize social and cultural issues, the diversity, and environment. The exotic collections relate to eatable legumes, market gardening, cereal, tubers, citrus fruits, and the forest seeds of *Pinus*, *Eucalypti*, *Cassia*, etc. These species deplete the water resources, eliminate biodiversity and habitats, and spread pests and diseases such as *Pyriculariosis* and *Helminthosporiosis* on the cereal crops and the *cercosporiosis* of the citrus fruits. This last one has eliminated more from half of the national production without taking measures to mitigate its effects.

The investigation carried out with the population living near the basin of Tinkisso Dam and its wet forest, shows that the co-administration with the population is used as a means to obtain funds and to reduce the cost of the project without sharing the benefits with the population. It divides the population and leads to the disintegration of the interface structures, ecological loss, the privatization of land, and the elimination of the sacred forests and ponds of indigenous populations who have shaped their identity and culture. Their co-administration leads to the loss of their original biodiversity and to their transformation into fish and rice cultural stations. Moreover, contrary to the exotic species, the eight natural clays and the 126 indigenous plants identified improve the human and animal consumption and allow for the fixing of livestock, as well as the decontamination of the water sources infected by the

carriers of the *Bilharzias*, *Onchocerciasis* (river blindness), *Dracunculosis*, and the treatment of the water. These clays and plants also are capable of treating *Trypanosomiasis* (or sleeping sickness), malaria, and other diseases generated by the projects. The analyses showed that those clays made up of kaolin (32% to 83%), are used as barriers that store heavy metals and nitrates in the soil. They are more effective in the removal of turbidity and color of well water than *Moringa oleifera* which proved to be more efficient for surface water affected by mining activities and early drying up. Their combination is advantageous for the two types of water. Moreover, the seeds of *Moringa*, *Anacardium occidentale*, *Tamarindus indica*, *Terminalia cattapa*, the pulp of seeds of *Adansonia digitata* and these clays make it possible to reduce the initial concentrations of 30 to 120 mg-N/L of nitrates by 53% to 86%. Their performance is enhanced by the suspension, the acidic pH, and filtration.

The synthesis of the data showed that the indigenous methods and techniques of conservation are not characterized by the competition and man/nature dualism, but by the synergy and the emulation based on the principle that the more man respects nature, the more generous it becomes. Thanks to their beliefs, popular wisdom, the sacred seal, and the control of vital energy at the altar and of its transfer on objects of worship, they could make their ecosystem sacred and punish those who are disrespectful (using their techniques of bewitchment). These methods have allowed them to control Man in his complexity, his material desires, and his domination of nature. These native populations attach an importance to the multidisciplinary training and to the education relating to the environment of their brotherhoods of hunters, stockbreeders, farmers, fishermen, and the divine individuals in their initiatory convents (sacred forests and ponds). The management of the conflicts between ethnic groups, clans, castes, and professions is governed by the palaver tree, the alliance treaties of blood, milk, marriage, and humor. To reconcile their needs with natural balances and to root their environmental action in the culture, their methods integrate thus, various empirical and non-empirical modes of apprehension of tangible and intangible reality. Hence, the need for their integration in the co-administration of the drainage basins and forests for the conservation of water resources and the two biological and cultural diversities currently threatened by economic globalization, biological invasions, and climatic changes.

Key words : exotic species, GMO, traditional knowledge, sacred forests and ponds, vital energy, sacred ecosystem, water resources, co-administration of drainage basins, nitrates, pollution, water treatment, natural water coagulants, adsorbents and disinfecting.

INTRODUCTION

En Afrique et particulièrement en Guinée, la demande grandissante des produits miniers, forestiers et agricoles pour répondre aux besoins du marché compromet la qualité de l'environnement, l'alimentation en eau et la survie des espèces. En supprimant les forêts tropicales, poumons de la planète et régulatrices d'eau, les terres agricoles sont sujettes à de l'érosion, les cours d'eau s'ensavent, les inondations deviennent plus fréquentes et les réserves d'eau souterraine diminuent. La biodiversité de la planète étant à la base du développement, elle participe de manière significative à la satisfaction des besoins alimentaires, énergétiques, médicaux et culturels des populations africaines. Cependant, en dépit de ce rôle, des pressions et de la signature de la convention sur la diversité biologique par les États, nous assistons de plus en plus dans le continent, à l'utilisation incontrôlée en foresterie et en agriculture d'espèces exotiques invasives, d'organismes génétiquement modifiés (OGM), d'engrais et de pesticides qui affectent la santé humaine et des écosystèmes. Bien que les invasions biologiques soient considérées dans le monde comme étant la deuxième cause d'érosion de la biodiversité après la destruction et la transformation des habitats naturels par les activités humaines (Sanu *et al.*, 2005), peu de gouvernements et de citoyens sont conscients du danger des espèces exotiques et des politiques actuelles de développement. Il en est de même de la nécessité de la mise en synergie des connaissances modernes et traditionnelles pour atténuer les impacts et contribuer à la mise en œuvre efficace des objectifs du développement durable. Peu d'études ont été menées dans ce domaine pour apprécier les impacts et les enjeux, dégager des lignes directrices et proposer des alternatives de solutions pour protéger la ressource en eau et les deux diversités, biologique et culturelle, menacées par les projets, la mondialisation économique et les changements climatiques. C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude.

Elle avait pour objectifs, d'une part, d'identifier les espèces exotiques invasives et des OGM introduits en foresterie et en agriculture au niveau des principaux bassins versants, d'apprécier leurs impacts et les enjeux de la cogestion des bassins et des forêts entreprise par

l'État et ses partenaires et d'identifier les connaissances, les pratiques et espèces indigènes à utiliser et à valoriser dans la restauration. D'autre part, elle visait à démontrer que, contrairement aux pratiques et espèces exotiques actuelles, leur utilisation et intégration dans le processus de cogestion, permettent d'enrichir les connaissances modernes, d'enraciner l'action environnementale des citoyens dans la culture et d'améliorer la ressource en eau, l'alimentation des populations, la fixation du bétail, la décontamination des points d'eau et le traitement des eaux et des maladies générées par les projets. Pour atteindre ces objectifs et comprendre les réalités socioculturelles et environnementales à travers les attitudes, les croyances et les savoirs et savoirs faire de protagonistes, une approche participative et interactive d'enquête fondée sur les connaissances et pratiques traditionnelles a été expérimentée et utilisée en complément des méthodes conventionnelles.

Afin d'identifier les enjeux de la cogestion des bassins, les espèces exotiques introduites, leurs impacts sur la ressource en eau, la biodiversité et la vie des populations, les aménagements forestiers et agricoles des bassins du massif du Foutah Djallon (à Dalaba et Pita) ont été ciblés pour les enquêtes. En effet, ce massif est considéré comme le château d'eau de l'Afrique de l'Ouest. Après cette zone témoin, d'autres enquêtes ont été menées dans le bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide Sincéry-Ourssa, où l'État et ses partenaires d'aide au développement ont envisagé leur cogestion avec les populations pour lutter contre l'envasement du barrage dont le fonctionnement devient aléatoire dès le début de la saison sèche qui dure plus de sept mois. Les enquêtes consistaient, d'une part, à identifier auprès des riverains les enjeux de la cogestion, les pressions sur la biodiversité, les sites sacrés des populations autochtones, leurs connaissances, pratiques et méthodes de conservation des forêts et mares sacrées, ainsi que les espèces indigènes à utiliser et à valoriser dans la restauration du bassin et la satisfaction de leurs besoins en alimentation, santé, fourrage, spiritualité et traitement des eaux et des maladies générées par les projets miniers et agricoles. D'autre part, les enquête visaient à démontrer que leurs valorisation et intégration dans la cogestion à la place des espèces exotiques, permettent de lutter contre les maladies liées à l'eau, de décontaminer les points d'eau, d'enlever les nitrates, la turbidité et la couleur des eaux des sources d'approvisionnement et de protéger la ressource en eau et les

deux diversités biologique et culturelle. À noter qu'en dépit de l'importance écologique de cette zone humide du Tinkisso, elle abrite les principaux sites d'exploitation aurifères et la culture du coton génétiquement modifié des sociétés privées qui menacent, avec les intrants chimiques, la santé humaine et des écosystèmes de la région.

Conformément aux objectifs fixés, la présente étude s'articule autour de sept chapitres. Le premier consiste en une revue de la documentation scientifique portant sur la problématique des ressources hydriques et forestières, les connaissances traditionnelles, les invasions biologiques, la pollution par les nitrates, les maladies liées à l'eau et l'importance des enquêtes dans la compréhension de l'état de l'environnement. La problématique spécifique est ensuite abordée, suivie de la formulation des hypothèses et des objectifs de recherche. Le deuxième décrit les zones d'études, le matériel et les méthodes de recherche. Le troisième présente les résultats des enquêtes sur les espèces exotiques et OGM introduits dans les projets agricoles et forestiers des bassins du massif du Foutah Djallon à Dalaba et Pita. Le quatrième est relatif aux résultats des enquêtes sur la problématique de la cogestion du bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide Sincéry-Ourssa, leur biodiversité, les espèces indigènes et les connaissances et pratiques autochtones de conservation des forêts et mares sacrées à valoriser pour améliorer la ressource en eau et sa qualité. Le cinquième présente les résultats expérimentaux de la caractérisation des argiles à usages internes et externes et de l'enlèvement des nitrates avec les produits naturels identifiés (plantes et argiles). Le sixième donne les résultats de l'enlèvement par ces mêmes produits naturels, de la turbidité et de la couleur des eaux des puits et de marigot générés par le tarissement précoce et les activités minières et agricoles. Ils constituent en effet les principales sources d'approvisionnement des populations rurales et urbaines. Le septième fait une synthèse de l'ensemble des données en montrant la complémentarité des données scientifiques avec les données traditionnelles et la nécessité de la mise en synergie des deux modes de connaissances modernes et traditionnelles d'appréhension du réel tangible et intangible pour enraciner l'action environnementale des communautés dans la culture et contribuer à la mise en œuvre efficace des objectifs du développement durable en Afrique. Une conclusion générale complète le document.

CHAPITRE I

REVUE DE LA DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE

Ce chapitre consiste en une revue de la documentation scientifique portant sur la problématique des ressources hydriques et forestières, les connaissances traditionnelles, les invasions biologiques, la pollution par les nitrates, les maladies liées à l'eau et l'importance des enquêtes dans la compréhension des problèmes environnementaux. La problématique spécifique est ensuite abordée, suivie des hypothèses et des objectifs de recherche.

1.1 Problématique des ressources hydriques et forestières

Les ressources mondiales en eau sont de plus en plus surexploitées. Les signes d'une « pénurie de l'eau » au 21^e siècle sont davantage perceptibles dans plusieurs régions du globe, particulièrement en Afrique. Cette pénurie provient de la conjugaison de plusieurs facteurs : répartition inégale des ressources, croissance démographique, déforestation, détérioration de la qualité de l'environnement, techniques agricoles et industrielles, modes de consommation, etc. En réponse au développement industriel, agricole, urbain et aux besoins d'une population en pleine croissance, la demande d'eau a tant augmenté que plusieurs écosystèmes sont menacés de disparition. Cette situation d'après Serageldin (1995), est imputable aux politiques des pays dominées par quatre points faibles qui accentuent l'incapacité dont le monde fait preuve pour gérer les ressources en eau :

- leur gestion est fragmentée entre différents secteurs et institutions sans coordination des politiques;
- les gouvernements sont tributaires d'une administration centralisée qui favorise peu la bonne gestion de la ressource et la participation effective des parties prenantes;

- la plupart des pays sous-évaluent l'eau douce et ne la font pas payer à son prix économique aux grands utilisateurs;
- les politiques de gestion de l'eau ne relient pas suffisamment la qualité de l'eau à la santé humaine et des écosystèmes.

Or, comme l'a soutenu Gleick (1993a), en l'absence d'une gestion intégrée des ressources disponibles en eau, la vie et le développement des pays se paralysent et le cycle hydrologique n'apporte aucune garantie dans la solution de telles crises, à cause de la mauvaise répartition des précipitations. Les trois-quarts de celles-ci tombent dans des régions qui renferment moins du tiers de la population mondiale dont les deux tiers vivent dans des régions qui ne reçoivent que le quart de ces précipitations. Le Congo et ses affluents reçoivent par exemple 30% des précipitations annuelles de l'Afrique, alors que son bassin versant ne renferme que 10% de la population du Continent (ONU, 1997a). En outre, dans la plus grande partie du monde en développement, le ruissellement rapide de l'eau des pluies saisonnières accentué par la déforestation empêche son utilisation efficace et provoque des inondations, l'érosion des sols et l'envasement des cours d'eau. La crise croissante de l'eau menace de plus en plus la sécurité de plusieurs pays et leur développement particulièrement en Afrique. C'est pourquoi, la période 2005-2015 a été déclarée Décennie Internationale d'Action « l'eau, source de vie ». Dans la Déclaration du Millénaire en 2000, les Nations Unies ont appelé à réduire de moitié d'ici à 2015 la proportion des personnes qui n'ont pas accès à l'eau potable, tout en rappelant qu'une bonne gestion de la ressource en eau est la garantie d'un « accès équitable » et d'un « approvisionnement adéquat » en eau. Pour les organisations internationales et les fournisseurs d'eau, Gleick (1996) propose l'adoption de 50 L par personne et par jour à titre de norme minimale qui n'a pu être atteinte dans 55 pays comptant au total un milliard d'habitants. En Afrique, 88% de l'eau douce sert à l'agriculture, 7% aux usages domestiques et 5% à l'industrie (ES, 1994).

Selon l'ONU (1997b), les utilisations de l'eau augmentent avec le développement et l'intensité des usages reflète aussi le niveau d'urbanisation. Le faible emploi domestique de l'eau dans les pays en développement s'explique souvent par les difficultés que pose l'accès à la ressource. On trouve rarement des canalisations dans les zones rurales et périurbaines où

les populations ont recours aux puits communautaires ou individuels, aux cours d'eau et lacs contaminés. En Afrique, pour répondre aux besoins des familles, les femmes et les enfants doivent souvent parcourir quelques kilomètres à pied pour se procurer une eau de qualité variable. Dans ces pays, plus l'urbanisation s'accélère et l'agriculture devient tributaire de l'irrigation, plus il est difficile de répondre à la demande croissante des villes. À titre d'exemple, Gardner et Blackburn (1996) rapportent qu'entre 1950 et 1980, de nombreuses villes africaines comme Nairobi, Dar Es-Salam, Lagos et Kinshasa ont vu leur population se multiplier par sept à cause de l'exode rural. Or, de nombreux services sont inexistants ou peu équipés pour gérer l'alimentation en eau et l'assainissement. L'OMS et l'UNICEF (2004) soutiennent ainsi que la tendance actuelle dans le monde de l'urbanisation marginalise les problèmes des populations défavorisées et surcharge les services de base dans les villes. Devant la croissance urbaine peu gérée, les autorités se déresponsabilisent et s'abstiennent souvent d'aider ces populations confrontées au cercle vicieux de la maladie et de la pauvreté.

1.1.1 Pressions sur les ressources hydriques et forestières et conséquences

Dans plusieurs régions du monde, la nature n'arrive plus à satisfaire la demande en eau des populations à cause de la croissance démographique et de la détérioration de la qualité de l'environnement. Ainsi, Population Reference Bureau (PRB, 1998) et Gardner-Outlaw et Engleman (1997) prévoient que 2,8 milliards d'habitants vivront en 2025 dans 48 pays ayant des difficultés ou des pénuries. Sur ces 48 pays, 40 se trouvent au Proche-Orient et en Afrique du Nord et Sub-saharienne. En 2050, le nombre de pays qui auront des difficultés ou des pénuries d'eau passera à 54 avec une population de 4 milliards d'habitants, soit 40% de la population mondiale, qui devrait atteindre 9,4 milliards d'habitants (UNFPA, 1997). Pour Gleick (1993b) de l'Institut du Pacifique pour les études du développement, de l'environnement et de la sécurité, le potentiel de conflits politiques violents que pourrait engendrer la pénurie d'eau dans le monde provient de l'impuissance dont l'Homme fait preuve actuellement pour gérer durablement cette ressource limitée.

Par ailleurs, la surexploitation des ressources mondiales en eau pose de plus en plus de risques pour de nombreuses espèces (ONU, 1997b) et constituent avec le manque d'hygiène, le prélude d'une tragédie humaine dans le domaine de la santé (Shiklomanov, 1997). Dans l'ensemble du monde, Juma (1998) note que plus de 20% de toutes les espèces de poissons d'eau douce sont en danger, ou viennent d'être déclarées disparues. Abramovitz (1996) rappelle qu'en Afrique, le détournement de l'eau du Nil et les barrages ont fait rétrécir le delta du Nil. Sur 47 espèces commerciales de poissons, une trentaine ont disparu ou sont devenues extrêmement rares. Le lac Tchad dans la région sahélienne s'est réduit de 25 000 à 2 000 km² durant les trente dernières années suite à la sécheresse et aux détournements à des fins d'irrigation. Les pêcheries qui furent sa richesse ont entièrement disparu. Quant au lac Victoria, première réserve d'eau douce de l'Afrique, il s'asphyxie sous l'effet de la pollution industrielle et de la jacinthe d'eau (Mari, 2000). La rareté des pluies et la surexploitation des ressources provoquent déjà des conflits politiques et sociaux en Afrique du Nord et du Sud. L'Éthiopie, le Soudan et l'Égypte se disputent l'eau du Nil, le Botswana et la Namibie celle du fleuve Okavango, etc. La diversité biologique du delta de ce fleuve, l'un des plus grands du monde, est menacée de disparition. Pour l'UICN (2000a), la diversité menacée sur le continent africain concerne 12 amphibiens, 29 reptiles, 53 oiseaux et 89 mammifères et ces chiffres continuent d'augmenter.

En tenant compte de ce qui précède, il est difficile d'évaluer les innombrables services rendus à l'humanité par les écosystèmes naturels. Robert Costanza, directeur de l'Institut d'économie écologique de l'Université du Maryland, estime la valeur globale des terres humides, à plus de 5 000 milliards de dollars US par an, en fonction de leur rôle de régulation des crues et d'habitats, d'épuration de l'eau et de l'utilisation d'espaces récréatifs (Holmes, 1997). Toutefois, la demande toujours grandissante de produits forestiers, halieutiques, d'eau et de terres agricoles, compromet de plus en plus la survie des espèces, l'alimentation en eau et le devenir des nations. En supprimant les forêts régulatrices de l'eau, les terres agricoles sont sujettes à de l'érosion, les cours d'eau s'ensavent, les inondations deviennent plus fréquentes, les réserves d'eau souterraine diminuent et le climat change (UICN *et al.*, 1996). La biodiversité détermine la santé et l'équilibre de l'environnement de la planète. Elle est à la

base du développement durable (ONU, 1993 et 2002). Les ressources génétiques que recèlent les 3870 millions d'hectares de forêts mondiales participent largement à la satisfaction des besoins alimentaires, énergétiques, médicinaux et culturels des communautés et contribuent pour une part importante aux économies locales et nationales des pays (FAO, 2001). Selon Myers (1994), 8% de ces espèces devraient disparaître des forêts au cours des 25 prochaines années à mesure que la déforestation se poursuit. En raison de l'ampleur et de l'irréversibilité des dégâts subis par les forêts tropicales, la perte effective des espèces et de leurs écosystèmes constitue l'un des plus grands désastres environnementaux de notre temps (Bawa et Dayanandan, 1998).

En Afrique de l'Ouest, la régression annuelle des superficies forestières est de 1,5% et la situation reste préoccupante dans sa partie humide où se développent les cultures de rente, la surexploitation des ressources et le surpâturage (FAO, 2002). Myers et Knoll (2001) prédisent qu'à long terme, les extinctions d'espèces altéreront non seulement la diversité biologique, mais aussi les processus évolutifs qui génèrent et assurent le maintien de la diversité. Pour freiner cette déperdition écologique en Afrique, le respect des conventions sur l'environnement et l'implication des populations autochtones et locales et la valorisation de leurs savoirs et savoir faire dans les projets de restauration des forêts, des bassins versants et des têtes de source deviennent nécessaires. Actuellement, en dépit de la signature de ces conventions par les États, leurs territoires et sites sacrés (forêts, mares, bassins et autres sites sacrés) riches en ressources hydriques, forestières et minières sont menacés par les projets qui affectent la qualité de l'environnement, leur développement, leurs cultures et capacités innovatrices de conservation des ressources naturelles de leurs terroirs.

1.1.2 Connaissances traditionnelles et conservation des ressources hydriques et forestières

Depuis le Sommet de Rio en 1992, les problèmes des ressources en eau et de l'environnement sont devenus une priorité pour la communauté internationale. Dans tous les plans d'action, le rôle des populations autochtones et locales pour leur conservation a été souligné. La Convention sur la Diversité Biologique reconnaît « le droit souverain » des États

de gérer leurs ressources génétiques et de préserver leurs savoirs traditionnels élevés au titre de « patrimoine commun de l'humanité » (Larrère et Larrère, 1997). Parmi les programmes consacrés à ce patrimoine, citons le programme : « Systèmes des savoirs locaux et indigènes » de l'UNESCO et celui de la Banque Mondiale: « Les savoirs locaux au service du développement » (Agrawal, 2002). Aussi, à l'occasion de la journée mondiale sur l'eau en 2006, le secrétaire général de l'UNESCO Matsuura soutenait que l'interface entre culture et nature constitue la voie par laquelle on peut comprendre la résilience, la créativité et la capacité d'adaptation des systèmes tant sociaux qu'écologiques. Quant au CRDI (2002), il souligne que pendant longtemps, le rôle des populations locales a été oublié, ou du moins sous-estimé. La gestion communautaire des ressources naturelles devrait faire partie intégrante des vastes approches adoptées pour résoudre les problèmes de pénurie. Pour cette organisation, gérer localement l'eau permet de démocratiser, de décentraliser la prise de décisions, de donner aux pauvres la possibilité de prendre part à des décisions qui façonnent leur avenir et d'encourager l'intégration du savoir traditionnel aux avancées scientifiques.

Pour les sociétés traditionnelles africaines, forêt et ressource en eau constituent dans ce contexte un tout indissociable. Aujourd'hui, seules les sources d'eau protégées par leurs forêts sacrées arrivent à fournir de l'eau de qualité à plusieurs communautés dans le continent. Au Togo, ces forêts sont les seules témoins de l'élément forestier et jouent un rôle socioculturel et écologique considérable en abritant des sources d'eau dont dépendent les villages en toutes saisons (Kokou et *al.*, 1999). Ces auteurs estiment qu'avec la pression foncière et les mutations socioculturelles en rapport avec les religions monothéistes, ces forêts subissent des dégradations qui sont accélérées par l'introduction d'espèces exotiques invasives. D'après PNUE/GUINÉE (1996), l'origine de ces lieux sacrés remonte à l'âge des communautés qui les adorent et leur conservation est placée sous la responsabilité des chefs coutumiers qui ont un pouvoir de décision sur l'exécution de l'ensemble des activités socioculturelles à l'échelle des villages. Ainsi, l'implantation de sanctuaires dans ces lieux et les rites qui s'y déroulent ont permis la conservation des ressources naturelles dans maintes régions (Houngnihin, 1998). Ces forêts et bois sont pour de nombreuses ethnies africaines, les domaines des ancêtres fondateurs. Ils abritent les tombes et les panthéons des demi-dieux,

dont les arbres sacrés sont les demeures (Pellissier, 1980). Sur le plan socioculturel et magico religieux, la forêt est le repaire des esprits et le support des représentations mythiques collectives (Bertrand, 1992). En Afrique de l'Ouest, ces croyances ont été à la base de la conservation de plusieurs écosystèmes forestiers (forêts sacrées), hydriques (mares sacrées) et d'espèces fauniques et floristiques (totémiques et sacrées).

En 2003, le Congrès Mondial sur les Parcs a reconnu à Durban (recommandation 24) que la conservation des écosystèmes du monde a énormément bénéficié de la contribution des populations autochtones, de leurs territoires, de leurs eaux et autres ressources. Pour que cela continue, le congrès a recommandé que les aires protégées actuelles et futures soient gérées le cas échéant, selon le principe de cogestion pour satisfaire les intérêts et les besoins des populations autochtones et locales. Cependant, l'établissement des aires protégées et la privatisation des terres se font de plus en plus au détriment des droits, des intérêts et des moyens d'existence de ces populations. Or, la gestion indigène des ressources en eau est présente partout, particulièrement là où la pénurie d'eau exige une manipulation soignée ou encore là où une culture fortement développée de l'eau existe en association avec des connotations et fonctions religieuses de l'eau et de ses sources (Wijk, 1985). Là où plusieurs sources d'eau existent, une telle gestion tend à être holistique, c'est-à-dire que les sources d'eau disponibles sont perçues comme un ensemble. Chaque source ou emplacement de source reçoit un but particulier, tel que la collecte de l'eau potable, de bain, de lessive, d'abreuvement du bétail et d'irrigation. La conservation des ressources n'est donc pas une nouvelle invention, mais faisait partie de systèmes indigènes depuis longtemps, ne serait-ce que sur le plan local et pas tout à fait à l'échelle du bassin fluvial (Rebers, 1998).

Depuis quelques décennies, ces savoirs locaux ont été reconnus par la communauté internationale pour leurs rôles dans la conservation de l'environnement et de la diversité biologique et culturelle. Cette reconnaissance résulte de la remise en cause de la coupure radicale entre savoirs scientifiques et savoirs profanes et du primat accordé à la rationalité, à la neutralité au détriment de ce qui était jusqu'à il y a peu, assimilé à des croyances et à des préjugés (Fortier, 2005). Plusieurs chercheurs en sciences sociales ont rapporté des

connaissances variées et riches des populations sur leurs milieux écologiques (Aron et Alii, 1993; Dupré, 1991), la gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols (Roose *et al.*, 1994), les catégories de terre et les unités de paysage (Diallo et Keita, 1995; Blanc-Pamard, 1990). Dans ce dernier domaine, Diallo et Keita (1995) soutiennent que la prise en compte des savoirs traditionnels peut conduire à des connaissances de détail sur les aptitudes culturelles et les comportements agronomiques des sols, la dynamique des écosystèmes pâturés, la compréhension des risques de dégradation environnementale et la mise en œuvre de programmes de développement durable. Pour définir les enjeux, fixer des priorités et proposer des solutions efficaces aux problèmes liés aux changements climatiques qui affectent la planète, la gestion intégrée des ressources en eau et de l'environnement nécessite ainsi, une vision d'ensemble incorporant une variété de connaissances et de pratiques tant traditionnelles que modernes. La prise en compte des savoirs traditionnels s'avère non seulement utile, mais efficace pour aboutir à la résolution de certains problèmes dont la préservation de la diversité biologique (Alphandéry et Fortier, 2005) et culturelle. En effet, en plus des pressions humaines, les ressources en eau et la biodiversité subissent les impacts des invasions biologiques favorisées par le commerce d'espèces exotiques et améliorées. Ce phénomène longtemps négligé par les pays africains est en train de devenir une menace pour leurs ressources en eau, leur biodiversité et leur développement.

1.1.3 Impacts des espèces exotiques sur la biodiversité et les ressources en eau

Les invasions biologiques sont considérées comme la deuxième cause d'érosion de la biodiversité après la destruction et la transformation des habitats naturels par l'Homme (Sanu *et al.*, 2005) et comme une composante importante des changements globaux provoqués par l'activité humaine (Vitousek *et al.*, 1996). Pour y faire face, en 1951 fut signée la Convention Internationale pour la Protection des Végétaux qui a fourni les normes phytosanitaires internationales sur les moyens de prévenir la dissémination et l'introduction des organismes nuisibles aux végétaux. En 1992, ce fut la Convention sur la Diversité Biologique approuvée au sommet de Rio. Selon cette convention, « les espèces exotiques envahissantes sont des espèces introduites de façon intentionnelle ou involontaire hors de leurs habitats naturels, où

elles ont la possibilité de s'implanter, de se propager, d'évincer les espèces autochtones et de coloniser de nouveaux milieux ». Elle soutient que ces espèces sont répandues dans le monde et appartiennent à toutes les catégories d'organismes vivants et à tous les types d'écosystèmes en particulier les plantes, les mammifères et les insectes pour les milieux terrestres. Il faut citer en outre, le groupe de spécialistes des espèces envahissantes de l'Union Mondiale pour la Nature (UICN, 2000b) et le Programme Mondial sur les Espèces Envahissantes qui coordonne les activités de prévention et de contrôle à l'échelle mondiale (Klaus *et al.*, 2002).

Abordant le cas de l'Europe, l'UICN (2005) soutient que ces espèces sont reconnues à l'heure actuelle comme une menace pour la diversité biologique et le bien-être humain. La multiplication spectaculaire du nombre des invasions biologiques découle en grande partie de la mondialisation économique qui entraîne une croissance explosive du commerce, du transport et du tourisme. Le cerisier tardif (*Prunus serotina Ehrh*), d'origine nord-américaine qui a envahi les forêts tempérées européennes est un exemple parmi tant d'autres. En France, l'espèce vient de troubler l'ordonnancement sylvicole et paysager, ainsi que l'exploitabilité des forêts, invalidant de ce fait la maîtrise des gestionnaires et des propriétaires privés et publics (Javelle *et al.*, 2006). D'une manière générale, ces espèces perturbent parfois le fonctionnement complet des écosystèmes (Levine *et al.*, 2003) en modifiant les cycles de certains composés du sol (Ehrenfeld, 2003), les régimes hydrologiques des cours d'eau (Donaldson, 1997) et les rythmes de sédimentation (Klerks *et al.*, 1996) en provoquant la disparition d'espèces autochtones (Vitousek *et al.*, 1996), ainsi que l'émergence de problèmes sanitaires (Mack *et al.*, 2000).

Par ailleurs, à mesure que le climat change, les rythmes d'invasion et d'extinction des espèces vont probablement s'accélérer, causant des changements complexes dans la composition et les interactions des espèces (Mooney et Hobbs, 2000). Si les frais de lutte contre leur introduction et leur établissement sont peu élevés, par contre, ceux liés à la lutte contre leur expansion et invasion sont très élevés. Une réaction tardive serait plus coûteuse à tous les niveaux qu'une action immédiate. En Amérique du Nord, le fardeau économique de la seule invasion par *Lythrum salicaria* est évalué à plus de 45 millions de dollars par an

(Pimentel *et al.*, 2000). En Amérique du Sud, des fermiers désireux de couvrir rapidement leurs pâturages, ont mis en circulation des herbes d'Afrique qui empêchent la régénération des surfaces de forêts tropicales brûlées. Au Brésil, elles perturbent le cycle hydrologique du bassin amazonien (Klaus *et al.*, 2002).

Malgré leurs impacts, elles attirent peu d'attention dans le continent africain où les forêts tropicales cèdent de plus en plus leur place aux mono forêts exotiques dans les projets d'aménagement des bassins fluviaux et des forêts classées. L'agriculture, en plus des OGM est confrontée aux mêmes problèmes. Actuellement, l'UICN (2004) reconnaît l'existence de plus de 250 espèces exotiques invasives naturalisées en Afrique de l'Ouest. L'introduction de la jacinthe d'eau et de la perche du Nil (poisson prédateur) en 1950 dans le lac Victoria, a provoqué la disparition de 50% des 600 espèces endémiques de Cichlides et l'asphyxie du lac par eutrophisation (Njiru *et al.*, 2002; Kaufman et Schwartz, 2002 et Balirwa *et al.*, 2003). Il est considéré comme le plus grand réservoir d'eau douce de l'Afrique et de pêche du monde. Cette catastrophe fut alors considérée comme la plus grande perte de biodiversité infligée par l'homme à un écosystème. Ce cas de la perche du Nil, loin d'être unique, illustre bien ce qu'il y a lieu d'appeler les conséquences des invasions biologiques. Pour une meilleure protection de l'environnement, l'identification et la lutte contre ces espèces à travers la valorisation des connaissances, pratiques et espèces indigènes deviennent une nécessité. Il en va de même des pollutions engendrées par les activités humaines. L'intensification des cultures de rente en Afrique et l'utilisation abusive d'intrants chimiques (engrais et pesticides) menacent en effet la santé humaine et des écosystèmes hydriques et constitue un facteur d'accélération des invasions biologiques au niveau des principaux bassins fluviaux et zones humides où les mono forêts exotiques et les cultures de rente sont en train de prendre une expansion.

1.1.4 Pollution des eaux par les nitrates et procédés de traitement.

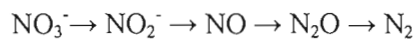
Les nitrates sont devenus une des grandes causes de la perte de plusieurs ressources en eau. En Europe, plus de 90 % des cours d'eau ont de fortes concentrations en nitrates et plus de la moitié des lacs sont considérés comme eutrophes (OMS, 1997a). Les problèmes de

santé causés par les nitrates contenus dans l'eau de boisson deviennent de plus en plus importants. Dans plus de 150 pays, les nitrates provenant des activités agricoles se sont infiltrés dans les puits, où ils ont contaminé l'eau potable (Maywald *et al.*, 1988). Des concentrations excessives de nitrates causent des troubles du sang. Bien qu'ils ne soient pas toxiques en eux-mêmes, leur transformation en nitrites dans l'estomac et avec la salive et en composés nitrosés (nitrosamines et nitrosamides) peut provoquer des troubles caractéristiques (Ratel, 2000). Les nitrites oxydent les ions ferreux de l'hémoglobine en ions ferriques. L'hémoglobine se transforme alors en méthémoglobine incapable de céder l'oxygène aux tissus. Au-delà d'un certain taux de méthémoglobine, différents symptômes apparaissent allant d'une cyanose légère à des troubles de conscience pouvant évoluer vers la mort par anoxie cellulaire. Les nourrissons, dont l'estomac faiblement acide contient une flore bactérienne qui transforme les nitrates en nitrites sont les plus vulnérables. De plus, les nitrates et les nitrites peuvent réagir avec des groupements aminés pour former des composés cancérogènes (N-nitroso). En outre, Dorsch *et al.* (1984) ont émis l'hypothèse que la consommation d'eau riche en nitrates par les femmes enceintes est associée à une augmentation du risque de malformation.

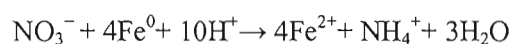
Des niveaux élevés de nitrates et de phosphates dans l'eau favorisent par ailleurs, la croissance d'algues qui conduisent souvent à la désoxygénation (eutrophisation) des eaux des cours d'eau. Or, les organismes purificateurs et décomposeurs des matières organiques ont besoin d'oxygène pour se métaboliser. La concentration d'oxygène contenue dans l'eau qui assure la survie des espèces aquatiques diminue avec l'apparition du phénomène d'eutrophisation. En outre, dans les pays en développement et particulièrement en Afrique, 90% à 95% des toutes les eaux usées et 75% de tous les déchets industriels en moyenne, sont déchargés dans les eaux de surface sans avoir subi le moindre traitement (Allaoui, 1998). Des analyses réalisées par Makoutode *et al.* (1999) et Kokou *et al.*, (1999) sur 100 puits d'approvisionnement en eau potable au Bénin, ont montré que 80% des eaux des puits enquêtés avaient une teneur en ammonium, phosphate et manganèse supérieure aux normes. Près de 50% des eaux des puits avaient une teneur en nitrate et en fer supérieure aux valeurs guides de l'OMS et 100% des eaux des puits présentaient une pollution bactériologique. Dans

plusieurs pays africains, l'utilisation incontrôlée de fertilisants chimiques dans les cultures de rentes et la faiblesse des infrastructures d'assainissement des eaux usées municipales et industrielles ont généré de nombreuses pollutions des eaux de surface et souterraine par les nitrates. En Guinée, Barry *et al.* (2000) ont trouvé que 67% des 350 points d'eau (puits et forages) analysés dans les différentes préfectures du pays avaient des concentrations en nitrate qui vont de 30 à 60 mg-N/L de nitrates, ce qui dépasse la valeur guide de 10 mg-N/L de l'OMS (2006) pour l'eau de boisson. Or, les populations rurales et urbaines ne disposent pas de moyens pour y faire face. Leurs principales sources d'approvisionnement sont les puits et les marigots.

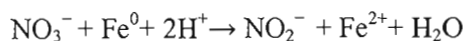
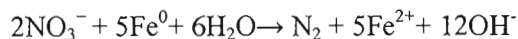
Parmi les procédés utilisés pour enlever les nitrates figurent les procédés biologiques, chimiques et physico-chimiques. Les traitements biologiques occupent une place importante parmi les procédés mis en œuvre. Ils sont basés sur la réaction de réduction des nitrates en azote gazeux par l'intermédiaire de bactéries dénitrifiantes. La réaction simplifiée de dénitrification peut être résumée de la façon suivante.



Toutefois, en dépit de leur avantage de décomposer totalement les nitrates et d'être peu sensibles à la teneur en matières en suspension (MES) dans l'eau à traiter, Ratel et Debrieux, (2004) et Mizuta *et al.* (2004) soutiennent que leur exploitation est contraignante. Ils sont peu automatisables, sensibles aux variations de débit et de température, coûteux et nécessitent une maintenance et une fourniture permanente de substrats organiques et de personnel qualifié. Parmi les procédés chimiques de réduction des nitrates, il y a la méthode de réduction « Zero Valent Iron » (Cheng *et al.* 1997; Huang *et al.*, 1998; Huang et Zhang, 2004; Su et Puls, 2004 et Chen *et al.*, 2005). Elle est basée sur la réaction de réduction des nitrates par Fe^0 en milieu acide ($1 < \text{pH} < 4,5$).



D'autres réactions de réduction avec la formation d'azote gazeux et de nitrite ont été proposées par Choe *et al.* (2000) :



Dans le cas des procédés physico-chimiques, il faut citer l'échange d'ions et les procédés membranaires. Le premier consiste à transférer des ions indésirables de l'eau brute sur un support insoluble appelé échangeur d'ions qui les capte et libère en contrepartie une quantité équivalente d'ions dont la présence n'est pas gênante. Toutefois, l'échangeur d'ions possède une capacité d'échange limitée et doit être régulièrement régénéré par une solution fortement concentrée d'ions choisis. Dans le cas de l'enlèvement des nitrates, ce sont les résines de type anionique qui sont utilisés. Si on désigne par RI^+ les groupements structuraux et fixes de la résine, la réaction peut se résumer de la façon suivante (Ratel et Debrieux, 2004):

$$\text{RI}^+\text{X}^- + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{RI}^+\text{NO}_3^- + \text{X}^-$$

Mais pour ces auteurs, les anions nitrates ne sont pas les seuls retenus. Il existe une certaine sélectivité suivant les espèces anioniques présentes dans l'eau :



Ainsi, une eau riche en sulfates pourrait être gênante dans l'enlèvement des nitrates, la résine fixant préférentiellement les sulfates. Lorsque les concentrations des éluats se modifient, que celle des nitrates augmente, on considère que la « fuite en nitrate » est significative de la saturation de l'échangeur. Ceci exige une régénération de l'échangeur. La fixation sur le support étant réversible, si l'on fait percoler une saumure très concentrée en ions chlorure ou de bicarbonate, ceux-ci se refixeront sur la résine pour libérer les nitrates. D'après Santé Canada (1992) et EPA (1989), l'efficacité d'échange varie entre 75 et 99% et contrairement aux procédés biologiques, les procédés utilisant les résines échangeuses d'ions sont automatisables avec des performances souvent indépendantes des variations des débits. L'eau

à traiter doit toutefois présenter une faible teneur en matières en suspension (MES) et ne pas comporter d'oxydants.

La technique de traitement par osmose inverse ou par nano filtration utilise une membrane semi-perméable permettant de retirer un grand nombre d'ions incluant les nitrates et les nitrites. Selon le Groupe Scientifique sur l'eau (2003), cette technique permet l'enlèvement de plus de 95% des nitrates et des nitrites et ce, à un coût raisonnable. La performance de l'osmose inverse peut, toutefois être affectée par la turbidité, la présence de fer, de manganèse et de silice. Selon Ratel et Debrieu (2004), les limites d'utilisation sont liées au fait qu'en premier lieu, le procédé modifie la qualité initiale de l'eau qui au dire des experts pourrait provoquer certains troubles intestinaux plus ou moins graves. En second lieu, un prétraitement est nécessaire afin d'éliminer le colmatage des modules et la précipitation d'espèces dissoutes sur les membranes. En troisième lieu, il y a présence de rejets concentrés. Les inconvénients sont les mêmes que dans le cas de l'électrolyse dont le principe consiste en l'application d'un courant continu entre les électrodes d'une cellule constituée par un empilage de membranes semi-perméables et alimentée en eau riche en nitrates. L'échange d'ions et l'osmose inverse sont des techniques de traitement intéressantes parce qu'elles sont efficaces, facilement accessibles et compatibles avec d'autres systèmes de traitement (EPA, 1989). Il existe plusieurs appareils de traitement appropriés basés sur l'osmose inverse (Ministère de l'environnement du Québec, 2002). Santé Canada (2003) recommande aux consommateurs qui désirent s'en procurer, l'achat d'un dispositif de traitement d'eau certifié conforme à une des normes de rendement en matière de santé. Comme alternative à ces procédés souvent complexes, coûteux et inaccessibles aux populations démunies des pays en développement, il est nécessaire d'envisager des procédés qui utilisent des produits naturels locaux moins coûteux, efficaces et compatibles avec l'environnement, les besoins et cultures locales. Une telle stratégie peut contribuer à la valorisation des espèces de plantes locales dans les programmes de reboisement des bassins pour lutter contre les espèces exotiques et les maladies liées à l'eau, ainsi que pour réduire les importations de techniques et de produits chimiques qui affectent les économies des pays en développement.

1.1.5 Maladies liées à l'eau et environnement

En Afrique, la détérioration de la qualité des ressources en eau et de l'environnement par les projets de développement, la précarité de l'assainissement et de l'approvisionnement et le peu de tradition de traitement des eaux à l'aide de produits naturels sont sources de maladies qui affectent les populations et leur développement. Selon l'ONU (1997a), environ 2,3 milliards d'habitants de par le monde ont des maladies qui sont liées à l'eau et on sauverait des millions de vie en assurant un approvisionnement en eau salubre et en aménageant des installations sanitaires appropriées. Ces maladies présentent des variations sur le plan de leur nature, transmission, effets et de leur gestion. Bradley (1994) et Kjellen et Mcgranahan (1997) répartissent leurs conséquences sur la santé en quatre catégories : maladies d'origine hydrique, à support hydrique, transmises par des vecteurs liés à l'eau et au manque d'hygiène.

1.1.5.1 Maladies d'origine hydrique

Les maladies d'origine hydrique sont des maladies causées par la consommation ou le contact avec une eau contaminée par les déchets humains, animaux ou chimiques. Le peu de stations d'épuration des eaux usées et de traitement d'eau destinée à la boisson, est responsable de plus de 12 millions de morts par an (Davidson *et al.*, 1992). Ces maladies englobent la diarrhée, le choléra, la typhoïde, la polio, l'amibiase, l'hépatite, les cancers, la méthémoglobinémie, etc. Les êtres humains et les animaux peuvent être les hôtes des bactéries, des virus et des protozoaires qui les provoquent. En l'absence d'installations sanitaires adaptées, ces vecteurs peuvent se répandre rapidement dans l'environnement par ruissellement, par infiltration ou par contact. On estime qu'il y a chaque année quatre milliards de cas de maladies diarrhéiques qui causent entre trois et quatre millions de morts surtout parmi les enfants (Warner, 1998). En outre, même à faible concentration, les produits chimiques agricoles et industriels peuvent finir par s'accumuler et être à l'origine de cancer, de faibles numérations de spermatozoïdes et de maladies neurologiques (Bowman, 1994). Certains chercheurs évoquent un lien entre l'exposition aux pesticides chez les femmes en grossesse et la survenue de certaines anomalies congénitales (Onil, 2002). L'amélioration de

l'hygiène et de l'approvisionnement en eau salubre constitue une mesure efficace de prévention.

1.1.5.2 Maladies à support hydrique

Selon Bradley (1994), les maladies à support hydrique sont causées par des organismes aquatiques qui passent une partie de leur cycle de vie dans l'eau et une autre partie comme parasites d'animaux. Que l'eau soit polluée ou non, ces organismes peuvent prospérer. A l'état de parasites, ils prennent la forme de vers vivant dans des vecteurs animaux intermédiaires, tels que les escargots et infectent alors directement les humains soit en perçant leur peau soit par ingestion. C'est le cas du ver de Guinée (dracunculose), de l'onchocercose ou cécité des rivières et de la schistosomiase (bilharziose). Celle-ci affecte environ deux milliards de personnes dans le monde dont près de 120 millions d'enfants de moins de cinq ans (UNESCO, 2005). Elles sont causées par une variété de douves, de ténias, d'ascaris et de nématodes qui infectent les êtres humains (Muller et Morera., 1994). La construction des barrages et l'irrigation contribuent à leur propagation en Afrique. Par exemple, le barrage d'Akosombo au Ghana, et le barrage d'Assouan sur le Nil en Égypte, sont à l'origine d'accroissement de schistosomiase dans ces régions (Basch, 1990). Beaucoup d'aménagements hydrauliques réalisés en Afrique (Burkina Faso, Mali, Sénégal, Congo, etc.) ont créé des niches idéales de maladies et répandu l'onchocercose, le paludisme et les bilharzioses (Tella *et al.*, 1990). Au Mali, une enquête effectuée dans 225 villages de milieux écologiques différents a montré que la prévalence de schistosomiase urinaire était cinq fois plus élevée dans les villages alimentés par de petits barrages (67%) que dans les villages de la savane plus sèche (13%) (Hunter *et al.*, 1993).

1.1.5.3 Maladies transmises par les vecteurs liés à l'eau

Des millions de gens ont des infections que transmettent des insectes ou autres animaux. C'est le cas des moustiques, des mouches tsé-tsé, etc., qui se reproduisent et vivent dans ou près de l'eau polluée ou non. Ces vecteurs transmettent aux humains le paludisme, la

fièvre jaune, la dengue, la maladie du sommeil et la filariose. Chaque année, le paludisme tue plus d'un million de personnes en Afrique, principalement en Afrique Subsaharienne (UNESCO, 2005) et entraîne 1,7 milliards de dollars US par an en dépenses sous forme de traitement et d'abaissement de la productivité (Olshansky *et al.*, 1997). L'absence d'une bonne gestion de l'eau et la carence de mesures de prévention contribuent à l'accroissement de l'incidence du paludisme, de la filariose, de l'onchocercose et autres maladies en Afrique.

1.1.5.4 Maladies liées au manque d'hygiène

Beaucoup d'autres maladies telles que le trachome, la lèpre, la tuberculose, la coqueluche, le tétanos, la diphtérie, etc., sont considérées comme des maladies liées au manque d'eau à cause de leur prolifération dans de telles conditions. L'expansion des maladies liées à l'eau est non seulement liée à la détérioration de la qualité de l'environnement et au manque d'hygiène, mais aussi à la marginalisation des connaissances et pratiques traditionnelles de traitement et de conservation des ressources. Pour appréhender et proposer des solutions à ces problèmes environnementaux, des enquêtes sont nécessaires.

1.1.6 Importance des enquêtes dans la compréhension des problèmes environnementaux

L'environnement est une réalité partagée et vécue au quotidien par les gens dans un contexte culturel déterminé qui lui confère un sens particulier. Pour comprendre cette réalité environnementale ou pour intervenir afin de résoudre un problème ou d'élaborer un projet d'écogestion, il faut tenir compte des attitudes, des croyances et des savoirs de protagonistes au sein de la situation problème (Sauvé *et al.*, 2001). En Afrique, pour impliquer les populations dans le processus de développement, plusieurs organismes internationaux ont développé des méthodes participatives. C'est le cas de la méthode accélérée de recherche participative (Chambers, 1994) et l'analyse participative pour l'action communautaire (Peace Corps, 1996). Ces méthodes permettent à des chercheurs de recueillir de l'information au sujet des écosystèmes locaux en collaboration avec les acteurs, puis de les impliquer dans un processus de prise en charge de leur environnement. Les techniques utilisées pour le partage

et l'appropriation de l'information sont originales. C'est le cas de la cartographie participative, des marches transversales, de la sériation de situations et de solutions, des calendriers saisonniers, de l'étude des changements et des tendances, etc.

Pour Harvatopoulos *et al.*, (1989), procéder à une enquête, c'est collecter et traiter de l'information dont l'analyse pourra servir à une meilleure connaissance du problème et éventuellement à la recherche d'une solution ou à la prise de décision. Les moyens de recueillir ces informations sont multiples et diversifiés (Deslauriers, 1991; Gautier, 1993; Poupart *et al.*, 1997 et Astier *et al.*, 1998). Selon ces auteurs, il existe des méthodes comme des outils. La méthode constitue l'ensemble des moyens mis en œuvre pour parvenir à l'objectif ou au but, alors que les outils désignent les instruments utilisés pour atteindre cet objectif. Le questionnaire par exemple, est un instrument servant à recueillir des informations et se prête à plusieurs utilisations. Il peut être rempli directement par le répondant (méthode d'autoévaluation), administré par un interrogateur qui pose les questions et marque sur une fiche pré codée les réponses données (méthode formelle), ou servir de guide au chercheur qui pose des questions ouvertes (méthode informelle). L'entretien ethnographique est considéré comme une série de conversations amicales dans lesquelles le chercheur introduit petit à petit de nouveaux éléments pour aider les informateurs à répondre en tant qu'informateurs (Spradley, 1979). L'entretien narratif ou approfondi (ouvert) est basé sur le principe selon lequel la personne interrogée est la plus apte à expliquer ses pensées et ses sentiments sur le sujet (Mayer et Ouellet, 1991). Il revient au chercheur de le motiver et de l'orienter sur les éléments importants du sujet de recherche.

Les entretiens semi structurés sont quant à eux basés sur l'utilisation d'un guide d'entretien ou une liste de questions. Des questions peuvent être rajoutées surtout avec l'apparition de nouvelles hypothèses (Hudelson, 1994). Pour cet auteur, ils sont appropriés dans un contexte où les interlocuteurs éprouvent des réticences à s'embarquer dans des entretiens approfondis de plus longue durée et font partie des évaluations rapides. Dans le cas des groupes focaux, il est à rappeler qu'un groupe focal est un groupe de discussion qui réunit des personnes du même milieu ou ayant des expériences semblables pour discuter d'un thème

précis qui présente un intérêt pour le chercheur (Basch, 1987). La particularité du groupe focal est qu'il est orienté sur un thème d'intérêt spécifique (focus) que le modérateur garde à l'esprit. Il tente d'inciter les participants à approfondir le sujet durant la discussion. Pour Dawson *et al.* (1993), ils ont les avantages de produire un important volume d'informations à moindre coût et sont bien acceptés par les communautés. Ils peuvent servir d'outil pendant la phase exploratoire et être suivis par des entretiens approfondis ou des observations. Ils sont toutefois limités dans l'exploration en profondeur. Comme chaque méthode a ses propres avantages et inconvénients, leur combinaison est souvent recommandée. C'est ce que Denzin (1978) appelle triangulation. Elle est utilisée pour vérifier et compléter les données de recherche. En outre, au début d'une recherche, des entretiens et observations exploratoires précédant l'enquête et le choix des informateurs clés sont nécessaires pour dégager des pistes permettant de « susciter et de nourrir de nouvelles hypothèses » (Michelat, 1975). Le terme « informateurs-clés » s'applique à toute personne susceptible de fournir des informations détaillées sur la base de son expérience ou de ses connaissances sur le sujet donné (Astier *et al.*, 1998). En complément de ces méthodes classiques, des méthodes interactives fondées sur des pratiques traditionnelles peuvent être développées pour mieux cerner les réalités sociales et environnementales et dégager l'importance du culturel dans la résolution des conflits, la démarche scientifique et la conservation des ressources naturelles.

1.2 Problématique spécifique et contexte de l'étude : Guinée-Conakry

La République de Guinée possède l'un des plus denses réseaux hydrographiques de l'Afrique de l'Ouest dont elle est le château d'eau avec plus de 1 110 cours d'eau répertoriés. Il comprend 22 bassins fluviaux dont huit nationaux et 14 internationaux. La plupart de ces fleuves transfrontaliers prennent naissance dans le massif du Foutah Djallon en Moyenne Guinée, ou château d'eau de la sous région. En dépit de cette apparente disponibilité, la Guinée est parmi les 22 pays africains qui ne réussissent pas à fournir de l'eau salubre à plus de la moitié de leur population (OMS, 1997b; De Villiers, 2002; OMS et UNICEF, 2004), ainsi qu'en énergie électrique. La faiblesse des structures d'assainissement et d'approvisionnement, l'absence de tradition de traitement de l'eau à l'aide de produits

naturels et l'intensification de la déforestation, de l'exploitation minière et des cultures de rente au niveau des principaux bassins versants, affectent la santé humaine et des écosystèmes. Comme mentionné précédemment, 67% de points d'eau (puits, forages) en zones rurales ont des concentrations en nitrates qui vont 30 à 60 mg-N/L de nitrates (Barry *et al.*, 2000). La même situation apparaît en zone urbaine et peu de moyens de traitement existent. En outre, pour répondre aux besoins industriels et énergétiques des familles, les activités liées au bois ont porté essentiellement sur les peuplements naturels jusque là considérés comme inépuisables. Pour le chef de la direction nationale des eaux et forêts (Diawara, 2003), depuis l'indépendance du pays en 1958, l'État a toujours négligé l'importance du domaine des eaux et des forêts dans le développement. Les redevances qui lui sont versées pour les coupes et les concessions minières n'ont pas été utilisées à des fins de restauration et de protection. De plus, le service forestier composé d'un personnel peu formé a été principalement chargé de réprimer et de faire rentrer des recettes.

La diminution de la couverture végétale a eu une grande incidence sur les ressources en eau. Selon le rapport Guinée/PNUD/FEM (2004), la déforestation en Guinée est estimée à 140 000 ha/an, ceci sans considérer les feux de brousse qui détruisent près de 2/3 du territoire par an. Sur les 190 espèces de mammifères trouvées, 17 sont menacées d'extinction. Il en est de même de 16/526 espèces d'oiseaux et de 36/300 espèces de plantes médicinales. Malgré cette situation, les principaux bassins continuent à se dégrader à un rythme inquiétant suite à l'intensification de l'exploitation minière (bauxite, diamant et or), de l'agriculture et de l'élevage itinérants et de la prédominance de la logique économique par rapport à l'environnement et au social. Leurs impacts ont affecté les sites sacrés (forêts et mares), les pratiques endogènes de conservation, les ressources alimentaires, médicinales et fourragères, les réseaux hydrographiques et leurs fonctions écologiques essentielles. Actuellement, l'envasement des lits des cours d'eau et leur tarissement précoce conduisent à l'arrêt des principaux barrages hydroélectriques dès le début de la saison sèche qui dure plus de sept mois selon les régions. Parmi ces barrages, figurent ceux de Tinkisso à Dabola en Haute Guinée, de King Kong à Pita en Moyenne Guinée, des Grandes chutes et de Garafiri à Kindia en Basse Guinée.

La fourniture d'énergie électrique par ces barrages avait atténué dans le passé les pressions en bois énergétiques des familles et des villes. Le barrage de Tinkisso à Dabola alimentait non seulement cette région en eau et en énergie, mais aussi les autres régions de la Haute Guinée. Depuis 1984, son envasement a eu comme conséquences l'arrêt de l'unique huilerie du pays implantée dans la région, ainsi que les activités agricoles des populations dans la production arachidière. Quant au Barrage des Grandes chutes, il était la source principale d'approvisionnement en eau et en énergie de la capitale Conakry et de la Basse Guinée. L'exploitation des gisements de bauxite de Débélé a affecté ses réserves naturelles d'approvisionnement en eau avec la station de production d'eau potable de Yessoulou. Ce déficit a conduit à la construction du barrage de Garafiri. Son inauguration en 2000 sur le fleuve Konkouré qui draine les boues rouges des grandes industries de bauxite du pays (deuxième exportateur mondial), n'a pas non plus été à la hauteur des attentes des populations. Celles-ci avaient apporté une contribution historique à sa réalisation à travers les cotisations des collectivités et les prélèvements mensuels des salaires des travailleurs. Il a cessé de fonctionner dès la première année de son lancement. Aujourd'hui, seules quelques centrales thermiques et des forages fonctionnent de façon très limitée pour des raisons de carburant et de pièces de rechange. La désacralisation et la privatisation des terres sous contrôle autochtones pour leur exploitation et l'interdiction de leurs pratiques de formation des confréries traditionnelles chargées de la conservation sont entre autres, des facteurs qui affectent les écosystèmes forestiers et hydriques.

Pour faire face à la déperdition écologique et environnementale actuelle, l'État et ses partenaires de développement ont entrepris la cogestion des bassins versants et des forêts avec les populations autochtones et locales. Le bassin du barrage de Tinkisso et sa forêt humide Sincéry-Ourssa à Dabola font partie de ce programme et de cette étude. En plus des pressions précédentes sur les ressources, les projets forestiers et agricoles contribuent de plus en plus à l'introduction d'espèces exotiques invasives et améliorées, ainsi que d'intrants chimiques qui affectent les ressources hydriques, la biodiversité et la santé des écosystèmes. Dans le cadre de cette étude, il apparaît ainsi nécessaire d'identifier les enjeux de la cogestion, les espèces exotiques invasives introduites dans les aménagements forestiers et

agricoles des bassins déjà réalisés (massif du Foutah Djallon) et en voie de réalisation (bassin du barrage de Tinkisso et sa forêt humide), leurs impacts sur la ressource en eau, la biodiversité et la vie des populations, ainsi que les moyens de lutte contre leur utilisation et invasions. Ceci nécessite d'une part, l'implication des populations autochtones et locales, l'identification et la valorisation des espèces et produits indigènes qui répondent à leurs besoins en alimentation, en santé, en spiritualité, en traitement des eaux et des maladies générées par les projets. D'autre part, l'identification et la valorisation de leurs connaissances, pratiques et méthodes de conservation des forêts et mares sacrées afin d'enraciner la cogestion des ressources naturelles dans leurs cultures et protéger les deux diversités biologique et culturelle actuellement menacées.

Pour dégager les enjeux et des solutions alternatives, des enquêtes ont été menées dans le massif du Foutah Djallon et dans le bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide. De plus, des tests d'enlèvement des nitrates, de la turbidité et de la couleur des eaux à l'aide des produits naturels identifiés ont été planifiés afin de montrer leur importance par rapport aux espèces exotiques actuellement utilisées dans la restauration des bassins. Les résultats de ces enquêtes et tests visent à démontrer que la participation des populations autochtones dans les projets de reboisement et la valorisation de leurs connaissances et pratiques de conservation avec les espèces indigènes peuvent enrichir les connaissances modernes et permettre de résoudre tout un éventail de problèmes. Il s'agit par exemple, de la sacralisation des écosystèmes, de la décontamination des points d'eau, de la lutte contre les espèces exotiques et les maladies générées par les projets, de la fixation du bétail pour réduire ses impacts dans les bassins et de la production des coagulants, des adsorbants et des désinfectants naturels locaux efficaces, économiques et compatibles avec l'environnement et les cultures locales.

1.2.1 Amélioration de la qualité des eaux à l'aide de parties de plantes

Selon une analyse des coûts faite sur des échantillons de projets d'approvisionnement en eau, achevés ou en cours, financés par la Banque Mondiale dans la région Afrique, le coût unitaire de l'eau peut pratiquement doubler et dans certains cas tripler dans le cadre d'un

nouveau projet d'adduction d'eau (Sharma *et al.*, 1997). Cette situation laisse présager un avenir difficile pour les pays qui ne disposent pas de moyens financiers pour approvisionner leurs populations. Cette difficulté peut être surmontée grâce à la valorisation des connaissances, pratiques et espèces indigènes dans les programmes de reboisement. D'après Jahn (1981 et 1988a) par exemple, la plupart des polyélectrolytes utilisés traditionnellement et très récemment dans le traitement moderne de l'eau des pays tropicaux en développement proviennent des plantes. Les plus importantes familles de plantes qui ont été traditionnellement utilisées pour la coagulation floculation en Amérique Latine, en Afrique et en Asie ont été décrites par Jahn et Dirar (1979). C'est le cas de la famille des *Moringaceae* qui constitue une source de matières coagulantes et désinfectantes (Grabow *et al.*, 1985; Bhole, 1987; Madsen *et al.* 1987; Sutherland *et al.*, 1989; Folkard, 1997). Ces auteurs indiquent que les graines de *Moringa oleifera* Lam (MO) et de *Moringa stenopetala* utilisées seules ou avec l'alun représentent une solution viable pour la purification des eaux dans les pays en développement. Leur utilisation permet non seulement l'enlèvement de la turbidité, mais aussi, la réduction des bactéries de 90 à 99,9%. Plusieurs études ont montré que les graines de MO sont capables d'enlever la turbidité des eaux synthétiques et troubles de 80 à 99% (Jahn et Dirar, 1979, Ndabigengesere *et al.*, 1995, Muyibi and Évison, 1996, Okuda *et al.*, 1999) et ce traitement s'accompagne d'une élimination de 98 à 99% des bactéries indicatrices de pollution (Jahn, 1984). Pour ces auteurs, le traitement de l'eau domestique par *Moringa* s'est ainsi révélé une technique peu coûteuse pour les pays en développement.

Plusieurs auteurs se sont consacrés à l'extraction du principe actif des graines de MO (Gassenschmidt *et al.*, 1995; Ndabigengesere *et al.*, 1995; Okuda *et al.*, 1999; Abdulkarim *et al.*, 2005; Kebreab *et al.* 2005). Ces travaux ont montré que le MO était aussi efficace que les produits conventionnels pour clarifier et désinfecter les eaux troubles. Le coagulant non toxique produit après coagulation floculation des boues inoffensives qui sont cinq fois moins volumineuses que celles produites avec l'alun (Ndabigengesere *et al.*, 1995; Grabow *et al.*, 1985). Par ailleurs, Ademiluyi (1988), Ademiluyi et Eze (1990) ont montré que les graines de MO constituent un bon produit de conditionnement des boues des stations de traitement et l'huile extraite est encore plus efficace. Le floculant contenu dans les graines ou les tourteaux

de MO est un polypeptide basique, c'est à dire un ensemble de polyélectrolites cationiques capables de neutraliser les colloïdes des eaux troubles grâce à la formation de ponts (Jahn, 1988a et Foidl *et al.*, 2002). D'après Folkard (1997), au Malawi des résultats concluants ont été obtenus à partir d'installations complètes de traitement de l'eau à base de produits naturels. Elles ont montré que l'utilisation des graines de MO permet de réduire la turbidité de l'eau jusqu'à 80 pour cent. De plus, le floculant n'affecte pas le pH et diminue le taux de fer et de manganèse. Il soutient que le traitement peut être optimisé par l'ajout d'argile comme la montmorillonite. Ceci nécessiterait toutefois des études complémentaires.

En plus de la clarification et du traitement des eaux usées et de boisson par MO, ses usages en médecine et en alimentation ont été confirmés par plusieurs études (Makkar and Becker, 1996; Lowell, 1999; Tahiliani and Kar, 2000; Lalas and Tsaknis, 2002). À cause des multiples usages de la plante, plusieurs associations africaines comme l'Association des Producteurs d'Huile de Plantes du Zimbabwe ont entrepris sa culture à grande échelle. Actuellement, l'utilisation du MO pour l'enlèvement des nitrates dans l'eau de boisson et le traitement des eaux de puits est peu documentée. La recherche d'autres produits naturels locaux utilisables dans le reboisement des bassins et pour le traitement des eaux, pourrait aider à promouvoir des procédés moins coûteux et compatibles avec l'environnement et les pratiques locales. Dans ce domaine plusieurs autres produits ont été étudiés. Il s'agit de la résine de l'écorce de *Boscia senegalensis* (*Capparidaceae*), de la sève d'*Opuntia* (*Cactaceae*), des tunafloc A et B isolés du *Ficu-indica*, des graines *Strychnos potatorum* (*Loganiaceae*), du noyau de *Prunus armeniaca*, de la sève des feuilles d'*Aloe vera* (*Liliaceae*), des racines de *Cyrtomium falcatum* (*polypodiaceae*), des graines et fruits d'*Anamirta paniculata* (*Menispermaceae*), du gypse CaSO_4 , des argiles clarifiantes, des collagènes d'os ou de peau d'animaux (Jahn et Dirar, 1979; Jahn, 1989a; 1989b; 2001, Jahn, nd) et de la gomme de *Cassia angustifolia* reconnue être un poly électrolyte anionique efficace pour la décoloration des eaux (Sanghi *et al.*, 2002). En outre, Kawamura (1991) et Ganjidoust *et al.*, (1997) soutiennent que de nombreuses recherches ont montré que les plantes de la famille des *Acanthaceae*, *Capparidaceae* et *Papilionaceae*, possèdent des propriétés coagulantes.

Au Venezuela, ce sont les graines de *Cactus latifaria* et de *Prosopis juliflora* qui sont utilisées comme coagulants naturels par les indigènes. Les études réalisées par Diaz *et al.* (1999) montrent qu'elles constituent deux coagulants naturels très efficaces pour la potabilisation de l'eau. La concentration optimale de 10 mg/L s'est avérée aussi efficace que celle de l'extrait de MO et plus performante que l'alun. L'utilisation des extraits des graines d'Okra et de *Nirmalia* a donné des résultats similaires (Alsamawi *et al.* 1996), de même que celles du tamarin (Bhole, 1995). En outre, Ozacar et Sengil (1997, 1999) soutiennent que les tannins sont très efficaces dans le traitement d'effluents et le conditionnement des boues des stations d'épuration. En adsorption, Blais *et al.* (2002) ont montré que les écorces de cèdre, de pin gris, de cacao, ainsi que la tourbe de sphaigne sont des adsorbants efficaces pour l'enlèvement du plomb de la lessive basique d'incinérateur de déchets municipaux. Pour enlever les nitrates dans l'eau de boisson, Mizuta *et al.* (2004) notent que le charbon de bambou est plus efficace que le charbon actif commercial. Plusieurs autres études ont montré que la tourbe est un adsorbant plus efficace que les substances minérales du sol dans l'enlèvement des métaux lourds des eaux usées (Bunzi *et al.*, 1976; Sharma et Forster, 1993 et Ulmanu *et al.*, 2003). En effet, la tourbe est un matériau complexe qui contient de la lignine et de la cellulose en quantité majeure. Ces composants, spécialement la lignine contiennent d'après Couillard (1994), des groupements polaires tels que des alcools, des aldéhydes, des cétones et des acides qui favorisent la liaison avec des cations. À cause de la complexité de leur composition chimique, les produits naturels peuvent posséder des propriétés universelles en traitement des eaux. Le MO par exemple, en plus de posséder des propriétés coagulantes et adsorbantes des cations, pourrait aussi enlever les nitrates.

1.2.2 Amélioration de la qualité des eaux à l'aide des argiles locales

Dans le domaine de la potabilisation de l'eau en zones rurales, Jahn et Dirar (1979) et Jahn (1981; 1988a et 1988b) notent que dans la vallée du Nil, l'accélération du processus de coagulation floculation avec la poudre des graines de MO à l'aide des argiles locales de type bentonite constitue la méthode traditionnelle de purification de l'eau de consommation au Soudan par les femmes. Pour la préparation traditionnelle des suspensions d'argile, une

poignée du « Rauwaq » contenant de la bentonite est délayée dans l'eau par les femmes et remuée pendant 10 à 30 minutes comme dans le cas du MO. La suspension obtenue est alors versée dans l'eau trouble de la jarre. Les argiles de type bentonite et les matières d'origine végétale, amélioreraient la sédimentation des particules de l'eau grâce aux processus de déstabilisation et d'agglomération des particules (Degrémont, 1979). Les familles qui traitent l'eau avec l'argile de type bentonite et des matières d'origine végétale, semblent avoir de faibles perturbations gastro-intestinales (Lund et Jahn, 1980). En outre, l'addition de la bentonite au début sert comme support d'attache des bactéries à la surface des particules et une quantité importante de ces bactéries attachées est éliminée par sédimentation des floccs (Madsen *et al.*, 1987). Les virus entériques auraient une affinité pour les solides. Ces virus seraient adsorbés sur les particules d'argile au cours de la coagulation floculation tandis qu'ils seraient éliminés au cours de la sédimentation des floccs. La raison de cette adhésion n'est pas claire. Tout comme le MO, les argiles soudanaises de type bentonite contribuent à la clarification de l'eau et à l'élimination des micro-organismes comme le *Schistosoma mansoni* cercarie de 90 à 95% après une heure de coagulation floculation (Olsen, 1987). La bentonite pure n'est pas utilisée comme floculant en traitement conventionnel de l'eau. Elle est ajoutée aux eaux très polluées pour adsorber les micro-organismes (Degrémont, 1979).

Pour l'OMS (2002), utilisées seules, les argiles sont capables d'éliminer la turbidité et les microorganismes pathogènes de 90 à 95%. C'est pourquoi, ces usages traditionnels ont été promus et encouragés dans beaucoup de pays (Jahn et Dirar, 1979; Olsen 1987; Madsen *et al.*, 1987). Dans le domaine du traitement des eaux usées industrielles, Dilek et Bese (2001) soulignent que le traitement des effluents de papeterie avec l'alun et les argiles est plus efficace que l'alun seul. En Afrique de l'ouest, à cause des multiples usages des argiles locales (alimentation et santé humaines et animales, préparation de savon antiseptique, cosmétique, peinture, poterie, etc.), un commerce très fructueux s'est établi entre les populations et constitue la source de revenu de plusieurs femmes. Peu d'études ont été menées pour leur valorisation en traitement des eaux. C'est le cas par exemple, de l'enlèvement des nitrates, de la turbidité et de la couleur des eaux polluées de puits et des marigots du site Ramsar de Tinkisso. Ces aspects sont considérés dans cette recherche pour

montrer que la gestion de la ressource en eau doit être perçue de façon globale et implique à la fois des connaissances modernes et traditionnelles dont la mise en synergie est nécessaire pour améliorer la santé humaine et des écosystèmes.

1.2.3 Hypothèses de recherche

Pour réaliser cette thèse, il a fallu avoir recours à des hypothèses de recherche pour mieux cerner le thème et orienter la démarche. Elles s'énoncent comme suit :

1. L'utilisation des espèces exotiques, des OGM et des engrais dans les aménagements des bassins versants en Afrique, affecte la ressource en eau, la biodiversité et les moyens de subsistance des populations.
2. La valorisation et l'intégration dans les projets des espèces, connaissances et pratiques indigènes de conservation des forêts et mares sacrées permettent de lutter contre les invasions biologiques, d'améliorer la ressource en eau et sa qualité et de protéger les deux diversités biologique et culturelle.
3. Il est possible de concevoir des projets interdisciplinaires, qui mettent en relation divers modes académiques et non académiques d'appréhension du réel tangible et intangible pour enraciner l'action environnementale des citoyens dans leurs cultures.

1.2.4 Objectifs de recherche

Pour vérifier les hypothèses, un objectif général et quatre sous-objectifs ont été fixés.

Objectif général

Identifier, valoriser et intégrer dans les projets de cogestion des bassins versants, les espèces, connaissances et pratiques indigènes de conservation des forêts et mares sacrées pour lutter contre les invasions biologiques et améliorer la ressource en eau et sa qualité.

Sous-objectifs

1. Expérimenter et utiliser en complément des méthodes conventionnelles, une approche interactive d'enquête fondée sur les pratiques traditionnelles.
2. Identifier les espèces exotiques et les OGM introduits au niveau bassins versants et leurs impacts.
3. Identifier les enjeux de la cogestion des bassins, les espèces, connaissances et pratiques indigènes à utiliser, à valoriser et à intégrer dans la restauration des bassins versants à la place des espèces exotiques et pratiques actuelles.
4. Identifier et tester la capacité des produits naturels locaux (argiles et graines de plante) pour décontaminer les points d'eau, fixer le bétail, enlever les nitrates, la turbidité et la couleur des eaux générées par les activités minières et agricoles au niveau des bassins versants.

CHAPITRE II

ZONES D'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Ce chapitre décrit brièvement le pays, les zones d'études et l'approche participative et interactive d'enquête qui a été expérimentée et utilisée en complément des méthodes conventionnelles d'enquêtes décrites. Il est complété par la description du matériel et des méthodes d'analyses physicochimiques et minéralogiques utilisés.

2.1 Présentation du pays d'étude

La Guinée anciennement appelée « Rivières du Sud », est un pays côtier situé dans la partie occidentale de l'Afrique entre les 9° et 11° degrés de latitude nord et couvre une superficie de 245 857 km². Elle est limitée à l'ouest par l'Océan Atlantique, au nord-ouest par la Guinée Bissau, au nord par le Sénégal, à l'est par le Mali, au sud-est par la Côte d'Ivoire et au sud par le Liberia et la Sierra Leone. Selon la direction nationale de la statistique, sa population en 2006 a été estimée à 9 690 000 habitants. Elle comprend quatre provinces bien distinctes du point de vue relief, climat, végétation et ethnies. *La Basse Guinée ou Guinée maritime* (18% du territoire), est la partie occidentale du pays. C'est une région de plaines côtières marécageuses traversées par de nombreux cours d'eau. L'ethnie soussou spécialisée dans la pêche et la riziculture inondée domine dans la région. *La Moyenne Guinée ou Foutah Djallon* (22% du territoire) habitée par les peuls nomades et agriculteurs, est la région de savane montagneuse où on enregistre les températures les plus basses. Elle est considérée comme le château d'eau de l'Afrique Occidentale. *La Haute Guinée* (40% du territoire) habitée par les malinkés, est une région de hauts plateaux et de savanes arborées dont le climat chaud et sec est dominé par l'harmattan. Elle est arrosée par le fleuve Niger et ses affluents. *La Guinée Forestière* (20% du territoire) habitée par les kissi, les toma, les guerzés

et autres, est une zone dotée d'un couvert végétal abondant avec un climat humide équatorial. Dans la région culmine la réserve de la biosphère du Mont Nimba, le plus haut point de l'Afrique de l'Ouest (1752 m) et où on trouve des grenouilles vivipares. Les provinces et régions sont présentées à la figure 2.1.

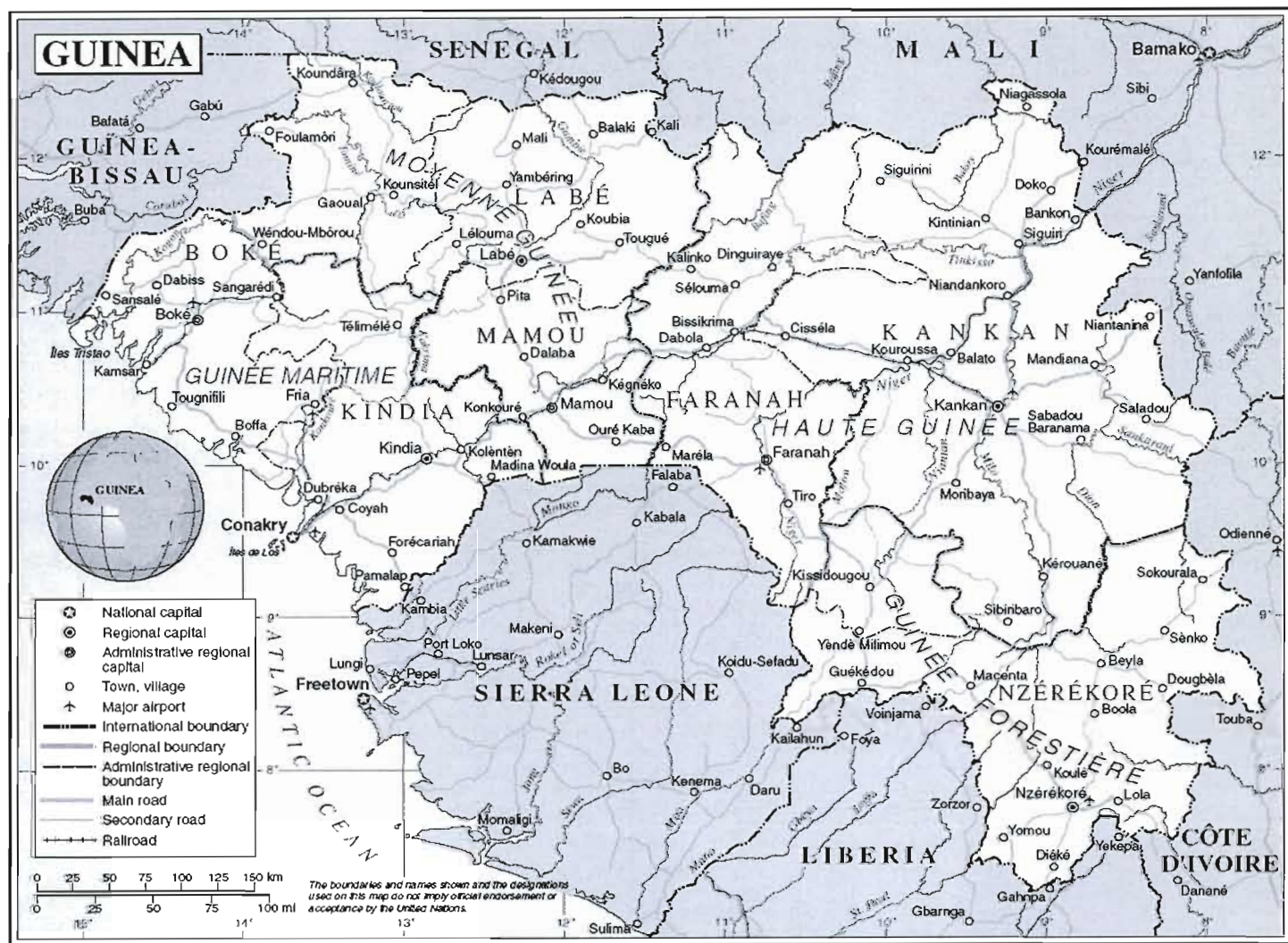
En plus de ses huit régions : Conakry, Boké, Kindia, Mamou, Faranah, Kankan, Labé et Nzérékoré, le pays est subdivisé en 33 préfectures et en 33 communes urbaines (chefs lieux des préfectures). Le pays jouit d'un climat qui est la synthèse de l'ensemble des climats de cette région. Elle est dotée de potentialités agricoles, forestières, hydroélectriques et minières d'une grande importance pour son développement. Elle est le second producteur de bauxite du monde. Après l'Afrique du sud et le Zaïre, c'est l'un des pays les plus riches en ressources naturelles du continent. Leur exploitation incontrôlée affecte toutefois la santé humaine et des écosystèmes, en particulier ceux des autochtones. En 2007, Transparency International a classé le pays parmi les plus pauvres de l'Afrique (168^e/180) et le 4^e et le 11^e parmi les plus corrompus d'Afrique et du monde respectivement. À l'instar de ses voisins sahéliens, elle est confrontée à une dégradation accélérée de ses écosystèmes qui menace la sous région.

2.2 Présentation des zones d'étude

2.2.1 Bassins aménagés du massif du Foutah Djallon : cas de Dalaba et de Pita

Le Massif du Foutah Djallon, représenté par la Moyenne Guinée (figure 2.1), est constitué de plusieurs plateaux se prolongeant en Guinée Bissau, au Sénégal, au Mali, au Libéria et en Sierra Léone. De ses contreforts naissent la plupart des fleuves transfrontaliers et de l'intérieur. Son importance pour l'Afrique de l'Ouest et la dégradation de ses bassins versants avait poussé la communauté internationale à reconnaître, la nécessité de son aménagement. En 1970, l'Organisation de l'Unité Africaine (OUA) en partenariat avec le PNUD, la FAO, l'UNESCO et autres partenaires a mis en place un programme d'aménagement régional du massif avec les huit pays arrosés : Guinée, Guinée Bissau,

Figure 2.1 Carte provinciale et régionale de la Guinée (Nations Unies, 2004).



Gambie, Sénégal, Mali, Niger, Sierra Léone et Libéria. Plusieurs projets d'aménagement forestiers et agricoles furent alors réalisés. L'objectif visé par la présente étude au niveau de ces aménagements témoins est d'identifier les espèces exotiques et OGM introduits dans les bassins du massif du Foutah (à Dalaba et Pita), leurs impacts et les mesures préconisées. Dans la préfecture de Dalaba, les sites d'étude ont été les plantations des versants abrupts de la ville, les plantations de protection sur les rives du fleuve de la Téné, les forêts classées de Tinka et de Tangama, les peuplements de production dans les plaines humides de Sébhory et de Tinka et les jardins de Chevalier de plantes exotiques présentés à la figure 2.2.



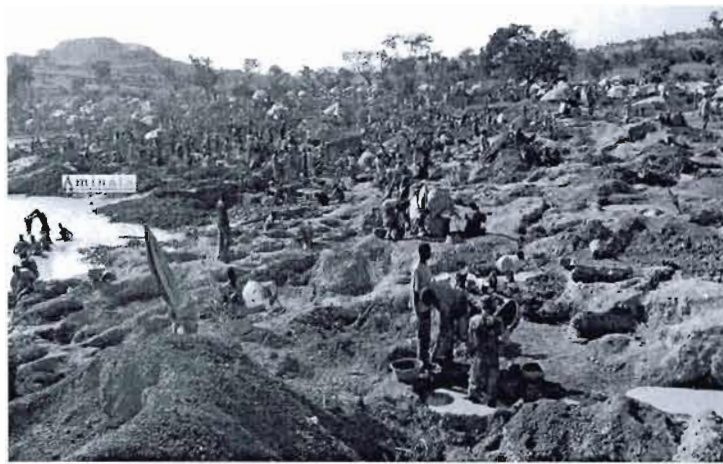
Figure 2.2 Les jardins de Chevalier de plantes exotiques de Dalaba (Foutah Djallon).

Quant à la préfecture de Pita, ce sont les peuplements de Pita centre, de Missidé Héiré et de Dar-Es-Salam. Toutes ces plantations appartiennent à l'État et sont gérées par la Direction Nationale des Eaux et des Forêts sous tutelle du Ministère de l'Agriculture.

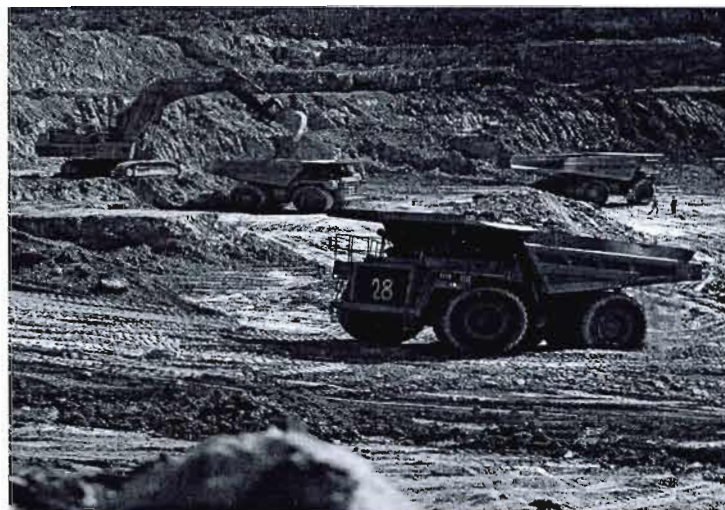
2.2.2 Bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide Sincéry-Ourssa à Dabola

La deuxième zone d'étude concerne le bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide Sincéry-Ourssa dans la préfecture de Dabola (en Haute Guinée). À cause de son

importance écologique pour la sous région, cette zone humide fait partie du site Ramsar de Tinkisso qui commence par le mont Sincéry à Dabola pour évoluer vers les régions des plaines de Siguiri, Dinguiraye et Kouroussa en Haute Guinée. C'est dans ces régions où sont localisés les sites aurifères en exploitation et la compagnie de culture du coton exotique qui affectent la ressource en eau, la biodiversité et l'environnement. Selon le ministère des mines et de la géologie, il y a plus de 213 sociétés minières qui évoluent dans le pays dont 88 sociétés aurifères sans compter les exploitants locaux comme indiqué à la figure 2.3 (a et b).



(a)



(b)

Figure 2.3 (a et b) Carrières d'exploitation artisanale (a) et industrielle (b) d'or dans les bassins du site Ramsar de Tinkisso en Haute Guinée.

Ces activités ont pour conséquences : la destruction du couvert végétal, la pollution par les drainages miniers et agricoles sans traitement (cyanure, métaux lourds, pesticides, nitrates, couleur, turbidité, etc.), etc. La zone humide à grand potentiel agricole présente en outre deux aspects contrastés. D'une part, dans les zones à fortes occupations agricoles, la forêt a disparu, créant des problèmes d'érosion des sols d'origine minière, pluviale et éolienne, d'ensablement des lits des cours d'eau, des difficultés d'approvisionnement en eau, en bois de feu et de service. D'autre part, dans les zones peu peuplées qui ont été soumises à l'onchocercose ou cécité des rivières, il y a encore des massifs relativement intacts de forêts denses qui occupent une place à l'intérieur du quadrilatère limité par Dinguiraye, Siguiri, Faranah et Kankan et qui sont nécessaires à l'équilibre écologique de la région. La dégradation du bassin du fleuve Tinkisso et de sa forêt humide Sincéry-Ourssa affecte le fonctionnement du barrage dès le début de la saison sèche qui dure huit mois. Autour du massif de Sincéry, il y a plus de 25 villages. Pour cette étude, les villages les plus proches du barrage ont été choisis pour les enquêtes. Il s'agit des villages de Babiliya, Sincéry, Oularéya, Konkékoro, Dalabaya, Huilerie, Tinkisso, Darou, Tankony, District de Tinkisso, Kambaya, Lorombo et Dalakoundjan. Les populations de ces villages y pratiquent l'agriculture et l'élevage itinérants et la pêche. Ces activités combinées à la déforestation et à l'intensité des feux de brousse affectent le bassin et l'environnement comme indiqué à la figure 2.4.



Figure 2.4 Colonnes de fumées provoquées par les fréquents feux de brousse saisonniers dans les bassins de Tinkisso en Haute Guinée.

Actuellement, le gouvernement guinéen, l'USAID/Guinée et les bailleurs de fonds ont entrepris des activités de cogestion des principaux bassins et de forêts classées avec les populations riveraines pour atténuer la déforestation et protéger la ressource en eau. Parmi les bassins proposés figurent le bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide Sincery Ourssa situés à sept kilomètres de la ville de Dabola. La forêt se trouve entre deux massifs riches en faune et en flore qui comportent des falaises, des galeries forestières, des savanes arborées et des bowés, signes de dégradation des sols. L'érosion des sols provoquée par les activités humaines dans le bassin a contribué à l'envasement du barrage. Pour son dragage, des démarches sont de temps en temps menées auprès des autorités chinoises qui ont réalisé l'ouvrage. Cependant, depuis plusieurs décennies, les résultats des opérations ne répondent pas aux attentes des populations. C'est dans ce contexte que sa cogestion a été envisagée par l'État et ses partenaires. Toutefois, le peu de responsabilisation, de partage des intérêts et l'utilisation des espèces exotiques dans les projets forestiers favorisent peu le succès de cette participation des populations confrontées aux maladies, à la pauvreté et à la dégradation de leur environnement. Les objectifs visés par la présente étude dans ce site, portent sur l'identification auprès des populations riveraines du bassin, des enjeux de leur cogestion, des pressions sur les ressources, des espèces, connaissances, pratiques et méthodes indigènes de conservation des forêts et mares sacrées, à valoriser et à intégrer dans la cogestion pour l'amélioration de la ressource en eau et de sa qualité. La forêt humide de Sincéry Ourssa de 14 000 ha, est présentée à la figure 2.5.

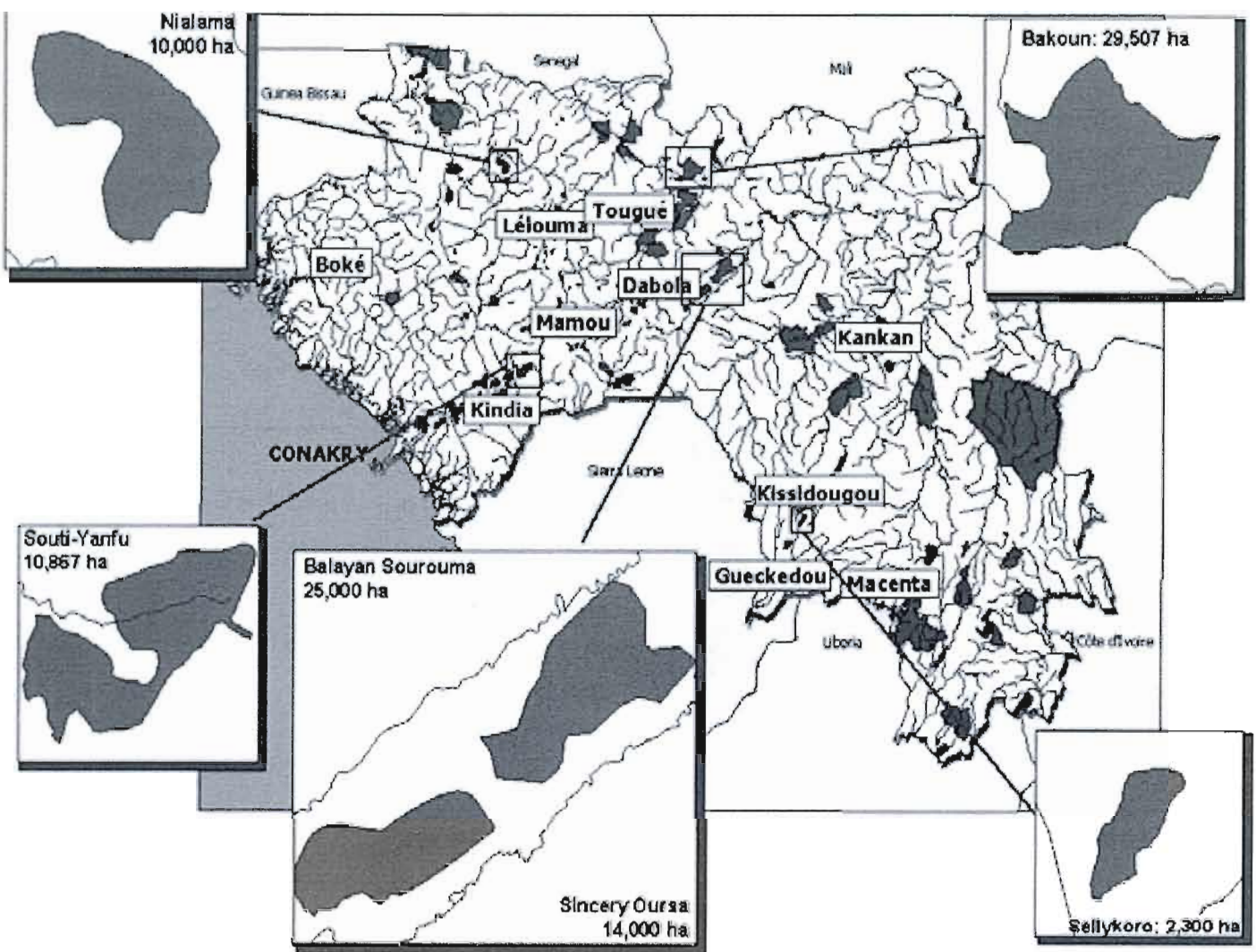


Figure 2.5 Carte des forêts classées de la Guinée (Catterson *et al.*, 2001).

2.3 Méthodes d'enquête

2.3.1 Expérimentation d'une approche méthodologique participative et interactive d'enquête fondée sur les valeurs et pratiques traditionnelles

Pour comprendre la réalité environnementale à travers les attitudes, les croyances et les savoirs des protagonistes, les alliances de sang, de lait et à plaisanterie ont été expérimentées comme approche participative et interactive d'enquête. Cette approche fondée sur les pratiques traditionnelles permet à celui qui a l'expérience, de se familiariser rapidement avec les acteurs sur le terrain en créant la confiance et la synergie au cours du processus participatif. Ces alliances en tant qu'institutions ancestrales ont permis l'établissement officiel du lien de sang entre les ethnies, les clans, les castes et les professions dans les grands empires de l'Afrique de l'ouest. Elles assurent encore le maintien de la coexistence sociale et constituent pour les alliés cathartiques, le symbole du vouloir être ensemble. Leur célébration a eu lieu devant des autels de différentes divinités et dans d'autres lieux sacrés de grande importance sociale et environnementale. Elles ont été à la base de la stabilité des empires et des États nés du morcellement de l'Afrique par les puissances coloniales. Selon Fay (1995), ces pactes ont été scellés entre les ancêtres des différents clans, castes, ethnies et professions, soit par contact des parties de leur corps scarifié, l'ingestion de leur chair prélevée sur les cuisses et mélangée à des repas partagés, le breuvage du mélange de leur sang par les représentants des groupes sociaux, l'immolation d'animaux et le partage de la chair dans des repas spéciaux souvent *maraboutés*, ou soit par l'allaitement des enfants des uns par les autres et le mariage.

Pour les sociétés traditionnelles, les ancêtres signataires de ces pactes restent toujours vivants, leur âme contrôlerait leurs progénitures à travers les rêves et la révélation en châtiant ceux qui violent les interdits établis. Les héritiers du savoir traditionnel et gardiens des valeurs et des lois sont ainsi très respectés par les communautés. Pour les sages, ceci serait imputable au fait que les divinités des sites sacrés veillent sur le respect des pactes, surtout lorsque celles-ci continuent de recevoir des offrandes de la part des savants locaux. C'est

pourquoi, dans ces sociétés, le respect des interdits, des ancêtres, de la hiérarchie et de la tradition est encore de rigueur en dépit de la mondialisation. Pour réduire le stress social, favoriser le dialogue et résoudre les conflits sous *l'arbre à palabre*, les alliances à plaisanterie ou sanankuya furent également instituées. Elles diffèrent de ce qui est appelé à nos jours parenté à plaisanterie, ceci à cause de leur caractère systémique qui se matérialise à travers les chaînes patronymiques établies à l'intérieur et entre les familles, les ethnies, les clans, les castes, les professions, les villages et les régions et par les types d'entraide et de cadeaux échangés entre alliés cathartiques. Les personnes ayant le même patronyme ont les mêmes ancêtres. De même, les personnes, les villages et les régions sont dits alliés sanankus, si leurs ancêtres ont signé par leur sang des pactes d'alliance de non agression et d'entraide.

Ces alliances à caractère systémique et sacré gouvernent encore les sociétés traditionnelles de l'Afrique de l'Ouest. Leur violation avec les sites sacrés par un membre pourrait dit-on entraîner des conséquences fâcheuses, voire la mort. En effet, grâce aux sacrifices et aux rites qui se déroulent dans les forêts sacrées, secrètes et fétiches, les savants locaux auraient pu maîtriser l'énergie vitale (Nyama en mandingue ou Nyman en peul) au niveau des autels pour sacrifier les écosystèmes sous leur contrôle et punir les irrévérencieux à travers leurs techniques d'envoûtement et de désenvoûtement. En dépit de l'interdiction des pratiques et de la persécution des autochtones depuis l'ère coloniale, le reste de ces sites représentent encore pour ces sociétés, des sortes de ministères où ont été formées leurs confréries traditionnelles de chasseurs, de guérisseurs, d'éleveurs, de pêcheurs, d'agriculteurs et de divins chargées de la protection de leurs communautés et de la conservation des écosystèmes de leurs terroirs. Pour maîtriser l'instinct humain et réduire le stress social, il est fait recours aux alliances à plaisanteries. Celles-ci sont régies par des taquinerie de toutes sortes, des menaces, des railleries, des injures ou des licences verbales souvent violentes entre alliés cathartiques. Ces échanges qui visent le groupe et non l'individu, serviraient selon les sages autochtones comme moyens de rapprochement et de purification des alliés. Ils sont appris depuis l'enfance à travers les devinettes. Les différences linguistiques et géographiques ne constituent point un obstacle à la pratique qui est à la fois verbale et gestuelle. Dans les échanges, chaque allié ou groupe cherche à disqualifier l'autre devant un

public qu'il tend à détendre et à impliquer dans le dialogue et la violence verbale de manière à mettre en synergie les différents alliés. Chaque allié ou groupe doit ainsi trouver au cours de l'émulation les mots, le ton, les devinettes, les satires, les injures, les histoires, les pratiques culturelles de chaque groupe, etc., qui provoquent une hilarité plus forte chez les participants.

Cette pratique millénaire qui entretient le dialogue entre les cultures, est pour ces sociétés traditionnelles, une sorte d'école de rhétorique où l'individu ou le groupe apprend l'art de parler et de se défendre devant un public qu'il veut séduire, apprivoiser et entraîner dans le dialogue de la tolérance, de la cohésion, de l'entraide mutuelle et de la maîtrise de l'instinct et du stress social. Ainsi, le sanankuya qui va au-delà de la parentèle pour embrasser les relations sociales dans leur globalité, est un système dynamique complexe de liens conviviaux établis par les anciens, qui fonctionne sur la base d'un jeu social verbal et gestuel d'humour et de dérision courtoise. Il permet à chaque individu qui le pratique de se ressourcer dans sa culture et la culture de l'autre et de passer de son temple d'instinct superficiel (matériel) à son temple d'amour profond (âme ou spirituel) grâce aux effets psychologiques qu'il provoque et qu'il entretient entre individus et groupes alliés. Pour permettre ce passage, il faut savoir trouver les liens conviviaux établis à travers les chaînes patronymiques et les éléments culturels déclencheurs d'humour et de dérision qui transforment le jeu en « un jeu social d'accueil et d'apprivoisement de l'autre » (Amadé, 1996), de maîtrise de l'instinct et d'établissement de confiance conformément à la sacralité des pactes. Pour Mauss (1927-1928), l'objectif de telle attitude est un relâchement, une détente et une compensation nécessaire à la vie du groupe. À cause de son importance dans les sociétés africaines, plusieurs autres auteurs se sont consacrés à l'étude des alliances à plaisanterie (Lowie, 1912; Sow, 1991; Camara, 1992; Kouyaté, 2003; Ndiaye, 2004; etc.).

Lors des pratiques de ce jeu, les partenaires considèrent qu'une parcelle de chacun d'eux a été introduite dans le corps de l'autre à travers les pactes de sang pour servir à la fois de lien de parenté et de moyen de purification à travers le jeu. Ainsi, dans la tradition ouest africaine, les injures, les critiques et l'eau ont de tout temps été perçues comme des moyens efficaces de rapprochement entre individus et communautés et de purification chez les

personnes qui les tolèrent et les apprécient pendant le jeu. Ceci justifie qu'ils ne provoquent pas de colère entre alliés sanankus, mais une détente, un défoulement et des rires à mourir, sources d'équilibre physique et mental et d'absence de stress même dans des conditions d'extrême pauvreté. Pour les populations des pays de l'Afrique de l'Ouest, les sanankus représentent à cet égard, leurs médecins aux pieds nus qui interviennent à tout moment et à tout lieu. Quant au sanankuya, il est comme le soutient Kaboré (2002), la soupape de sécurité dans les relations quotidiennes des individus, des structures et des différences ethniques. Dans la plupart des cas, le jeu instaure une relation de complémentarité et de confiance entre alliés et permet grâce à son caractère sacré, l'entraide, la participation au dialogue et la maîtrise de toute forme de violence, de réticence et d'intolérance de l'autre. En effet, « Le sacré est décrit comme une puissance qui bride la violence, c'est tout ce qui maîtrise l'homme d'autant plus sûrement que l'homme se croit plus capable de la maîtriser » (Gérard, 1979). Ainsi, par les émotions qu'il crée, il permet aux alliés de s'investir dans le processus participatif et émulateur plus qu'ils ne l'espéraient au départ.

Cependant, pour réussir au niveau de ce jeu culturel, la prise en compte de cinq types de langages hiérarchisés a été nécessaire dans cette étude. Du sommet de la pyramide vers le bas, il y a :

- le langage scientifico-technico-religieux. Comme mots clés appartenant à ce langage, on peut citer : le Nyama ou *énergie vitale*, l'envoûtement, le désenvoûtement, la sacralisation, les 78 *sigiba* ou signes fondamentaux rendant compte de l'architectonique de l'univers, etc. Il s'apprend dans les couvents initiatiques des sociétés traditionnelles. Les maîtres de ce langage sont les savants locaux qui appartiennent aux sociétés dites secrètes. Les échanges de connaissances entre ces derniers se font dans les forêts secrètes (sorte de ministère de recherche). Quant à la maîtrise au niveau des autels de l'énergie vitale ou Nyama et des techniques d'envoûtement et de sacralisation des écosystèmes, elle serait apprise dans les forêts dites fétiches (sorte de ministère de la défense). À noter que le mot fétiche a été utilisé par les colons lors de la privatisation de ces écosystèmes;
- ce langage est suivi du langage du sacré qui s'apprend aussi dans les forêts dites sacrées, sorte de ministère de l'enseignement et de la formation professionnelle des confréries. En

plus de protéger la biodiversité et les ressources en eau, ces forêts constituent les seuls réservoirs de biodiversité originelle de l'Afrique de l'Ouest et des écoles ancestrales de formation pluridisciplinaire des confréries. Celles-ci sont les gardiennes de la tradition et de la conservation des ressources. Ce langage affecte le comportement de l'Homme vis-à-vis des ancêtres, des sites sacrés et de la nature considérés comme des dons divins à conserver et à transmettre avec des valeurs ajoutées aux générations futures. Il se matérialise à travers les noms attribués à certaines zones ou espèces de grande importance environnementale, communautaire ou ethnique. C'est le cas des zones dites, de la mort, hantées, d'habitats des Esprits vengeurs, sacralisées et de cultes, des espèces totémiques ou mystiques, etc. Ce visage du sacré est souvent véhiculé dans les contes, les mythes, les légendes et les satires qui constituent pour ces sociétés de puissants moyens de communication et d'éducation relative à l'environnement;

- ensuite vient le langage de la sagesse. C'est un langage riche et spécial qui a son propre vocabulaire et sa propre logique dans les différentes langues nationales, facteurs d'identité culturelle. Il est important lorsqu'on veut s'adresser aux enfants qui viennent de naître, aux savants locaux ou érudits, aux personnes âgées considérées comme des réservoirs de connaissances, de sagesse et des intermédiaires entre les vivants et les morts, entre le visible et l'invisible. Son utilisation affecte leur comportement et les prédispose souvent au dialogue. Ceci n'est pas suffisant;
- il faut en plus, l'utilisation du langage des alliances qui affecte les comportements. Il rappelle la sacralité des pactes et le devoir de respecter les interdits, la tradition pour préserver l'héritage culturel et naturel des sites sacrés, la cohésion social et l'environnement conformément aux enseignements donnés dans les couvents initiatiques;
- au bas de la pyramide, se trouve le langage populaire support de tous les langages.

Leur mise en synergie est assurée par le langage des alliances qui convie chacun dans sa conscience et sa culture au respect des interdits, de l'autre et de la tradition. L'expérience a montré que la maîtrise de ces langages par le chercheur est souvent essentielle pour saisir les attitudes et perceptions profondes des acteurs dans leur milieu et culture, créer la confiance

sur le plan culturel, embarquer les réticents, assurer la synergie et ouvrir les portes du dialogue franc dans le respect des valeurs, des racines et de la différence. Pendant les enquêtes, il est apparu dans ce contexte, que la diminution de la durée du jeu social du sanankuya, de l'intensité des plaisanteries, de la violence verbale et de son caractère licencieux, affecte le débit d'échange de connaissances, d'informations et de créativité au niveau des groupes et des individus. Pour maintenir la synergie entre les participants, le chercheur doit introduire les questions de recherche pendant la détente et pouvoir souvent les transformer en éléments d'humour et de dérision pour influencer les attitudes. Le jeu représente le carburant de la barque participative. Le chercheur apprenti de la barque, doit pouvoir le trouver pour alimenter la machine d'humour et de dérision et savoir apprendre auprès des maîtres de la barque pendant la détente. Le lieu et les circonstances sont aussi déterminants dans la démarche. Il est par exemple plus efficace pour un chasseur, un guérisseur ou un initié au culte, de concrétiser ses savoirs et savoirs faire en brousse, ou au lieu de culte qu'à la maison. Le don de noix de kola aux sages est également important. Le kولاتier étant un arbre sacré, ses fruits sont utilisés dans toutes les cérémonies.

En outre, certaines questions ayant un caractère secret comme les techniques d'envoûtement et de désenvoûtement, la maîtrise de l'énergie vitale au niveau des autels et de son transfert sur des objets de cultes pour punir les irrévérencieux, peuvent ne pas être abordées en public. L'accès aux connaissances scientifico-technico-religieuses n'est toutefois possible, que lorsqu'on est initié. Avec le jeu social des alliances, les savants locaux peuvent toutefois livrer certaines informations à ceux qui appartiennent à la culture en particulier à leurs petits fils qui sont leur sananku. Ces derniers ont joué un rôle déterminant dans cette recherche. Leur identification avec les savants locaux au début de la recherche est nécessaire. Pour la maîtrise de ce jeu qui affecte le comportement et la manière de penser et d'agir des gens dans leur milieu physique, social et culturel, il faut appartenir à la culture, posséder l'art, le mot, le ton, le tact, le langage et la capacité de création d'éléments culturels déclencheurs d'humour et de dérision tout au long du processus participatif, où les participants sont considérés comme les détenteurs des connaissances et les maîtres de la barque participative. Les cultures locales sont riches en ces éléments. Les pratiques sont apprises à travers les

devinettes ou sanankuya des petits, les contes, les légendes, les chants, la musique, les satires et les proverbes qui contiennent souvent des informations et des enseignements plus que ce que peuvent dire ou écrire les gens. Le chercheur doit pouvoir les décoder, le cas échéant auprès des savants locaux. Par exemple, pour imputer la détérioration de la qualité de leur vie et de leur environnement aux dirigeants, les autochtones ont toujours utilisé ce proverbe selon lequel : « *Lorsque le poisson pourrit, il commence toujours par la tête* ». Les sociologues, les ethnologues et les historiens ont ainsi un rôle important à jouer pour sauvegarder ce patrimoine culturel et naturel en voie de disparition.

2.3.2 Méthodes conventionnelles d'enquête

La méthode précédente a été utilisée en complément des méthodes conventionnelles décrites dans le chapitre I. Cette étude a donc été réalisée sur la base des données de recherche bibliographique, des observations de terrain et des entretiens approfondis, semi structurés et focaux réalisés auprès des acteurs des zones d'étude. Pendant les enquêtes, il a été utilisé la cartographie participative pour visualiser et expliquer les situations, les entrevues en promenade avec les personnes connaissantes du sacré et du milieu, le calendrier temporel ou saisonnier pour présenter l'évolution des situations, les diagrammes d'arbre de solutions ou de problèmes pour organiser les informations, the Council of all Being pour la recherche individuelle et en groupe des impacts, ainsi que les contes, les légendes, les satires, etc., pour comprendre la logique des perceptions et des croyances. Les entretiens approfondis se sont déroulés de manière générale avec les personnes âgées considérées comme les bibliothèques de connaissances. Par leurs expériences, elles sont en effet, plus aptes à expliquer le sacré, la problématique environnementale de leur localité, les méthodes et les techniques endogènes de protection des écosystèmes et à proposer des stratégies visant à améliorer leur environnement et les conditions de vie de leur communauté. Les membres des confréries traditionnelles font partie de cette catégorie. C'est parmi ces deux groupes que le médiateur des groupes focaux (de 8 à 12 personnes) et les guides de terrain (trois à cinq personnes) ont été choisis, ainsi que pour la validation des données. Dans les groupes focaux, des informations pertinentes ont été soumises à un vote pour leur classification selon leur importance (impacts des espèces

exotiques, maladies endémiques, plantes médicinales, alimentaires, fourragères, causes de dégradation des ressources, etc.). Pour les entretiens individuels, les diagrammes d'arbre de solutions ont servi pour organiser les informations. Après les entretiens, les données furent validées sur la base des fréquences des réponses, de la triangulation, de l'examen/vérification par les pairs, ainsi que par la comparaison de certains résultats avec les données scientifiques (plantes médicinales utilisées localement pour désinfecter les points d'eau d'approvisionnement par exemple).

Dans le cas des aménagements des bassins du massif du Foutah Djallon à Dalaba et à Pita, les rencontres ont été organisées avec les responsables et agents des Directions Nationales des Eaux et des Forêts (DNEF), de l'Agriculture (DNA), du Service National de la Promotion Rurale et de la Vulgarisation (SNPRV), de l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG), du Centre de Recherche Agronomique de Bareng (Pita), de la Fédération des paysans du Foutah Djallon (Pita) et les populations des différents villages. Les thèmes débattus au cours des entretiens individuels et en groupes focaux concernaient la problématique de l'introduction des espèces exotiques et des OGM, les services et institutions impliqués dans leur introduction, leur réglementation, leurs impacts sur la ressource en eau, la biodiversité et la vie des communautés, les dispositions prises pour leur évaluation, les perceptions sur les menaces qu'elles représentent pour les équilibres naturels, les mesures à prendre pour leur interdiction et éradication, etc. Ainsi, 15 groupes focaux ont été organisés et 208 personnes au total ont participé aux débats individuels et en groupes (dont 105 femmes). Le guide d'entretien est présenté à l'annexe A.

Dans le cas du bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide, des visites exploratoires ont permis d'identifier des personnes ressources parmi les autochtones, les membres des clergés des forêts et mares sacrées, les paysans, les chasseurs, les éleveurs, les guérisseurs, les commerçants de plantes médicinales, les scieurs, les agro forestiers, les apiculteurs, les femmes impliquées dans la cueillette et la vente des argiles locales, les exploitants de bois de chauffe et les réfugiés. Les sujets abordés au cours des entretiens individuels et en groupes focaux ont porté sur les pratiques, connaissances et pratiques

autochtones de conservation de la biodiversité, des forêts et mares sacrées, les besoins en matière de pâture, de fourrage, de chasse, de cueillette, de pêche, de reboisement, de traitement des eaux, de lutte contre les feux de brousse et les maladies, les techniques de cueillette, les espèces menacées, les besoins prioritaires, les pratiques et espèces de plantes indigènes qui méritent d'être valorisées, la problématique de la cogestion du bassin, etc. Au total 35 groupes focaux ont été organisés et 505 personnes dont 225 femmes ont participé aux entretiens individuels et en groupes. Le guide d'entretien est présenté à l'annexe B.

2.4 Matériels et méthodes d'analyses physico-chimiques et minéralogiques

Pour montrer l'importance des argiles et des espèces locales identifiées par rapport aux espèces exotiques invasives et la nécessité de leur utilisation et valorisation dans les programmes de reboisement des bassins, leurs capacités d'enlèvement des nitrates, de la turbidité et de la couleur des eaux engendrés par les projets et le tarissement précoce des sources ont été évaluées. Pour le traitement des nitrates, en plus des argiles locales, les graines de *Moringa oleifera*, d'*Anacardium occidentale*, de *Tamarindus indica*, d'*Adansonia digitata* (pulpe des graines) et de *Terminalia cattapa* ont été testées. À l'exception de la pulpe des graines d'*Adansonia digitata*, toutes les autres sont oléagineuses et appréciées des populations pour leurs multiples usages en alimentation et en médecine. Les pulpes des graines d'*Adansonia digitata* et de *Tamarindus indica* sont utilisées dans toutes les régions par les femmes pour la préparation et la vente du jus pour améliorer leur revenu. Les graines cuites de *Tamarindus indica* ont été recueillies après la préparation des bouillies et des sauces par les femmes avec le fruit. Les sachets des graines d'*Anacardium occidentale* commercialisés ont été achetés au marché. Après broyage, les graines ont été réduites en pâte ou en fines particules sur une planche à l'aide d'une bouteille comme le fait cette femme à la figure 2.6. Elle a été entraînée avec sa communauté à la préparation de la poudre et de la suspension des graines de *Moringa oleifera* pour la coagulation floculation de leur eau de boisson.



Figure 2.6 Femme préparant la poudre et la suspension des graines de *Moringa oleifera* pour la coagulation floculation de son eau.

Ainsi, huit échantillons d'argiles consommées et vendues par ces femmes ont été testés en coagulation floculation avec les graines de *Moringa* pour l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits et de marigot. Des tests préliminaires réalisés avec les populations pour déterminer la présence de nitrates dans les eaux des sources d'approvisionnement et ces argiles à usages internes et externes, ont permis de les classer en contaminées et non contaminées par les nitrates. Ils consistaient à introduire et à agiter des quantités d'argile dans l'eau minérale et à déterminer la présence des nitrates par simple observation du changement de couleur de l'eau après ajout de réactif dans l'échantillon d'eau contenu dans une cellule photométrique (méthode de réduction au cadmium, 8039 HACH). Les échantillons non contaminés ont été utilisés pour les tests de potabilisation. Certaines de ces argiles vendues par les femmes sont présentées à la figure 2.7 (a et b).

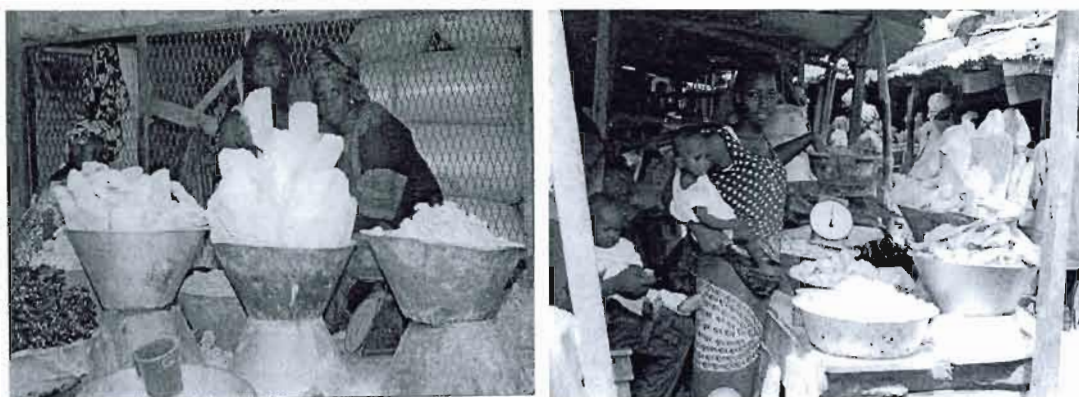


Figure 2.7 Vente des argiles locales par les femmes à des fins thérapeutiques (usages internes et externes).

Ces tests réalisés sur le terrain visaient à faire comprendre à la population les risques que pouvait représenter leur consommation abusive avec les eaux contaminées par les nitrates, la complexité de la qualité de l'eau et l'importance de son traitement à l'aide de produits naturels locaux pour améliorer leur santé. Ces résultats préliminaires ont conduit à l'hypothèse que ces argiles à usages internes et externes avaient la capacité d'enlever les nitrates, la turbidité et la couleur des eaux polluées du site de Tinkisso. L'effet de la température d'ébullition sur la concentration des nitrates dans les eaux des sources d'approvisionnement contaminées a aussi été considéré. Le test consistait au chauffage de un litre d'eau couvert d'un verre de montre jusqu'à l'ébullition et au prélèvement d'échantillons d'eau à différents intervalles de temps, suivi de refroidissement jusqu'à la température de 25°C, puis de filtration et de mesure des nitrates contenus dans le filtrat.

Les tests de coagulation floculation ont été réalisés avec un appareil jar-test de marque VELP SCIENTICA, muni d'agitateurs et de béciers d'un litre. Les produits utilisés ont été les argiles et les graines de *Moringa oleifera*. Les performances des poudres et des extraits des poudres de *Moringa* ont été comparées. Les différents extraits de la poudre des graines de *Moringa oleifera* ont été obtenus avec de l'eau distillée et les eaux brutes des différentes sources pour comparer leur efficacité avec la poudre et les argiles dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits et de marigot. Les solutions standard étaient

obtenues par dissolution de deux grammes de poudre de *Moringa* dans 250 mL d'eau, suivie d'agitation rapide de cinq minutes à 150 rpm (révolutions par minute) et de filtration (1 mL = 8 mg/L). Pour améliorer le traitement et réduire la durée de traitement, la combinaison de la coagulation floculation et de la filtration a été nécessaire. Pour construire le filtre, un échantillon du sable utilisé par les femmes a été tamisé à l'aide d'une série de tamis (U.S.A. Standard Testing Sieve). Les quantités retenues et qui traversent chaque tamis ont été déterminées. Ces données ont servi à la caractérisation du sable à l'aide du logiciel IDAT 386. Les paramètres évalués ont été le diamètre effectif ($d_{10} = 0,5 \text{ mm}$), le coefficient d'uniformité ($C_u = d_{60}/d_{10} = 1,6$) et le coefficient de perméabilité ($k = 2,577 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$). L'épaisseur du filtre correspondait à celle utilisée par les femmes pour la filtration de leur eau de boisson, soit 20 cm. Pour le traitement par cascade de filtration, les mêmes concentrations des produits ont utilisées à chaque cycle de filtration. Le système de filtration traditionnel se compose d'une bassine de collecte de filtrat et d'un bidon perforé à l'intérieur duquel sont superposées de bas en haut des couches de gravier, d'éponge, de sable et parfois d'un tissu épais pour éviter la destruction du lit filtrant et le colmatage rapide du filtre. Le tout est supporté par deux bois placés sur une bassine collectrice de filtrat comme l'indique la figure 2.8. De plus, les turbidités peuvent parfois dépasser 500 UTN et les conditions d'hygiène ne sont souvent pas réunies. Les filtres sont souvent déposés par terre et parfois à la portée des enfants.

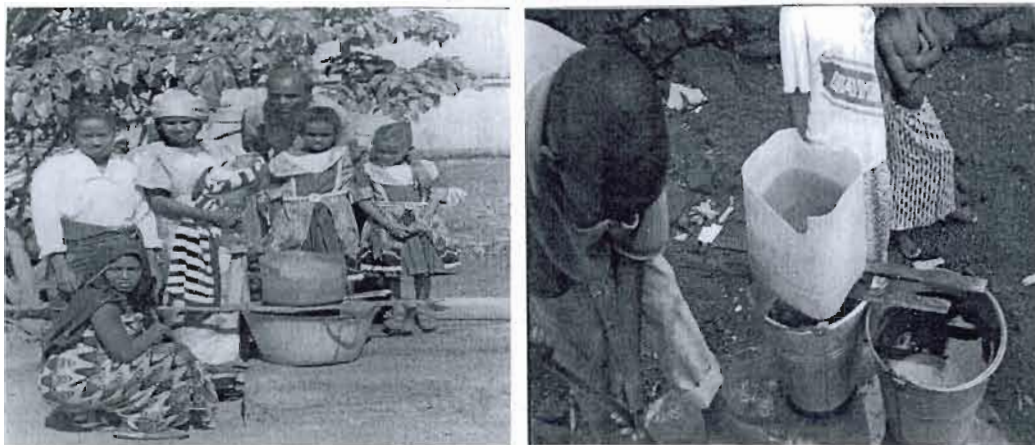


Figure 2.8 Système traditionnel de filtration d'eau de boisson (puits) sur couche de sable.

Dans le cas des tests d'enlèvement des nitrates, les poudres et les suspensions des poudres des argiles locales, des graines de *Moringa oleifera*, de *Tamarindus indica*, d'*Anacardium occidentale*, de *Terminalia cattapa* et la pulpe des graines d'*Adansonia digitata* ont été utilisées. Leurs usages en alimentation humaine et animale, en médecine traditionnelle, en agroforesterie et dans certains rites, justifient leur non toxicité et les possibilités de leur utilisation avec les autres plantes identifiées dans les programmes de restauration des bassins. La vitesse d'agitation du jar test a été maintenue à 150 rpm avec différents temps de prélèvement. L'eau de robinet de l'aqueduc de Montréal et le nitrate de sodium (AC 8428 Anachemia) ont servi à la préparation de la solution standard. La granulométrie des poudres des argiles et des graines des plantes était de l'ordre de 50 μm . Leurs suspensions ont été préparées dans 10 mL d'eau de robinet suivie d'agitation pendant une minute avant introduction dans les béchers. Ceci avait pour but de comparer leur efficacité avec celle des poudres utilisées directement. Les résultats obtenus correspondent à la moyenne de trois expériences réalisées dans les mêmes conditions. Les marges d'erreurs étaient comprises entre 3,6 et 5,4%. Pour avoir une idée sur la capacité de rétention des cations et des anions par les argiles, des échantillons traités et non traités avec une solution saturée de NaCl, ont été utilisés. Leurs compositions chimiques et minéralogiques ont été déterminées par absorption atomique (AA), Fluorescence aux rayons X (XRF) et Diffraction aux rayons X (XRD). Les paramètres de travail, le matériel et les méthodes d'analyses sont présentés aux tableaux 2.1, 2.2 et 2.3.

Tableau 2.1 Paramètres de travail du jar test (coagulation floculation)

Vitesse mélange rapide (rpm)	Durée mélange rapide (min)	Vitesse mélange lent (rpm)	Durée mélange lent (min)	Durée prélèvement (min)	Volume bécher	Temperature eau (°C)
150	5	40	25	30	1 L	25

Tableau 2.2 Méthodes analytiques

Paramètres	Méthode	Référence	Appareil
pH	Électrométrie	SM 4500-H ⁺ B	pH-mètre Fischer 925
pH argile	TCLP (toxicity characteristic leaching procedure)	1311 EPA /SW-846	pH-mètre Fischer 925
Turbidité	Néphélométrie	SM 2130-B	Turbidimètre HACH 2100P
Couleur vraie	Platiniume-cobalt	8025, HACH	Spectrophotomètre HACH, DR 2000
Nitrates	Réduction au cadmium	8039, HACH	Spectrophotomètre HACH, DR 2000
Métaux	Adsorption atomique	2.01/Method/ flamme	GBC, Avanta
Minéraux	XRD	CuKa Radiation	XRD, D5000 Siemens
Métaux	XRF	DIN 51391-2	XRF, S4 Pionier

SM : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 1995).

Tableau 2.3 Protocole de conditionnement des argiles avec du sel de table

Étapes	Activités	Conditions
Préparation solution saturée de NaCl	Chauffage d'eau du robinet (pH = 7,56) à 30°C, agitation et saupoudrage avec du NaCl jusqu'à saturation. Refroidissement jusqu'à la température ambiante et séparation du surnageant saturé.	Durée : 30 minutes
Conditionnement argile	Chauffage des béchers de 1L du surnageant jusqu'à 80°C sur des plaques à agitation magnétique. Introduction de 20 g/L d'argile dans le système sous agitation continue. Refroidissement jusqu'à la température ambiante, centrifugation/séparation/lavage avec eau distillée pendant cinq cycles, puis séchage à l'étuve de l'argile	Durée : 6 heures Vitesse de centrifugation 1000 rpm, séchage à 103-105°C durant 24 heures

CHAPITRE III

RÉSULTATS DES ENQUÊTES SUR LES ESPÈCES EXOTIQUES ET AMÉLIORÉES INTRODUITES DANS LES BASSINS AMÉNAGÉS DU MASSIF DU FOUTAH DJALLON : CAS DE DALABA ET DE PITA

En Guinée comme dans la plupart des pays de l'Afrique, l'application du concept de rendement maximal en agriculture et dans la restauration des bassins versants et des forêts classées, contribue de plus en plus à l'introduction des espèces exotiques et des Organismes Génétiquement Modifiés (OGM) dans les écosystèmes. Ce chapitre présente les résultats des enquêtes sur ces espèces introduites en agriculture et dans les aménagements des bassins versants du massif du Foutah Djallon (à Dalaba et à Pita), leurs impacts, ainsi que les acteurs impliqués et les mesures préconisées. Les données montrent qu'en dépit de la signature de la convention sur la biodiversité, la recherche de la rentabilité et les critères des marchés contribuent à l'homogénéisation et à la spécialisation de la flore, ainsi qu'à l'imposition de modèles agricoles et forestiers standardisés qui marginalisent la diversité biologique indigène, le social, l'environnement et le culturel. La plupart des espèces locales présentant un niveau élevé de diversité génétique a tendance à disparaître au profit de variétés exotiques invasives à base génétique réduite commercialisées et diffusées par les privés et les services de recherche et de vulgarisation. De plus en plus, les forêts tropicales et l'agriculture de subsistance cèdent leur place aux mono forêts exotiques invasives et aux cultures de rente des organismes génétiquement modifiés. Ces espèces occupent les terres humides, épuisent les ressources en eau, éliminent la biodiversité et les habitats et augmentent la durée de travail des femmes et des enfants chargés de l'approvisionnement en eau, du maraîchage, du bois de chauffe et de la cueillette. De plus, elles répandent des prédateurs et des maladies exotiques dans les écosystèmes en mettant en danger la survie des espèces en l'absence de prise de mesures d'atténuation des impacts et d'amélioration des cadres juridiques et institutionnels.

3.1 Introduction

Pour freiner la déperdition écologique, protéger la ressource en eau au niveau des principaux bassins fluviaux et lutter contre la pauvreté en Afrique, plusieurs projets forestiers

et agricoles ont été réalisés grâce à l'aide de la communauté internationale. Cependant, contrairement à ces objectifs énoncés par les promoteurs des projets de développement, on assiste de plus en plus dans le continent, à l'introduction en foresterie et en agriculture d'espèces exotiques invasives et d'organismes génétiquement modifiés. En dépit de l'article 8h de la Convention sur la Diversité Biodiversité de 1992 qui demande aux parties signataires d'empêcher l'introduction et d'éradiquer ces espèces qui menacent les écosystèmes et les habitats, leurs utilisations et impacts socioéconomiques et environnementaux font encore peu l'objet d'attention dans les pays du continent. L'UICN (2004) reconnaît actuellement, l'existence de plus de 250 espèces exotiques invasives naturalisées en Afrique de l'Ouest et définit une espèce envahissante comme étant la pénétration d'une espèce nouvelle introduite volontairement dans une région, qui se propage au détriment des espèces indigènes et qui porte atteinte à la diversité biologique, au développement et aux moyens de subsistance. Elle soutient que le processus par lequel une espèce étrangère devient envahissante comprend quatre étapes : l'introduction, qui peut être volontaire ou involontaire et avoir lieu dans divers secteurs; l'établissement, lorsqu'une espèce introduite survit et se reproduit; la naturalisation, par laquelle l'espèce est intégrée dans la flore et la faune de son nouvel habitat et enfin l'invasion, lorsque l'espèce se multiplie de manière à avoir un impact sur les espèces, les écosystèmes et le développement. Cette partie du travail est consacrée à l'identification de ces espèces introduites et leurs impacts, ainsi que les acteurs impliqués dans le commerce et les mesures préconisées pour leur interdiction et éradication. Pour une meilleure compréhension des enjeux, un aperçu sur les institutions et cadres juridiques relatifs à la gestion des ressources hydriques, forestières et agricoles apparaît nécessaire.

3.2 Institutions de gestion des ressources forestières, hydriques et agricoles

La gestion des ressources hydriques, agricoles et forestières en Guinée implique plusieurs ministères dont les compétences sont partagées entre différents services et directions :

- Ministère de l'Agriculture, des Eaux et des Forêts (MAEF) qui comprend la Direction Nationale des Eaux et des Forêts (DNEF), l'Office Guinéen du Bois (OGUIB) chargé de

la préservation, de la transformation, de la commercialisation et de l'utilisation du bois et de ses dérivés, la Direction Nationale de l'Agriculture (DNA) dont dépend le Service National des Ressources Foncières, le Service National de la Promotion Rurale et de la Vulgarisation (SNPRV) et l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG). Les compétences de la DNEF sont réparties entre cinq divisions : planification et programme, aménagement et reboisement des forêts, foresterie rurale, économie et législation forestière et faune et protection de la nature;

- Ministère des Mines, de la Géologie et de l'Environnement (MMGE) qui comprend la Direction Nationale des Mines et la Direction Nationale de l'Environnement (DNE) chargée de la mise en œuvre des politiques en matière d'environnement;
- Ministère des Ressources Naturelles et de l'Énergie qui dispose d'une Direction Nationale de l'Énergie chargée des programmes de diffusion des foyers améliorés;
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche Scientifique (MÉNRS);
- Ministère de l'Enseignement Technique et de la Formation Professionnelle;
- Ministère de la Santé dont dépend la Division de la Médecine Traditionnelle (DMT);
- Ministère de l'administration du territoire et de la décentralisation dont dépendent les Communautés Rurales de Développement (CRD).

Au niveau territorial, il y a les administrations régionales, préfectorales, communales et sous préfectorales avec plusieurs ONG qui interviennent dans divers domaines : plantations forestières, santé, eau, agriculture, foyers améliorés, etc. Les activités de protection et d'exploitation des essences forestières sont coordonnées par la DNEF, alors que celles des ressources phytogénétiques relèvent de l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée. En plus de ces ministères, il y a dans le secteur des ressources en eau, le Ministère de l'Hydraulique et de l'Énergie (MHE). Parmi les services rattachés et regroupés dans les secteurs publics et privés figurent la Société Nationale des Eaux de Guinée (SONEG), la Société d'Exploitation des Eaux de Guinée (SEEG) qui gère le réseau que lui confie la SONEG, le Service National de l'Aménagement des Points d'Eau (SNAPE) et la Société

d'Électricité de Guinée (SÉDG). Le Ministère de l'Hydraulique et de l'Énergie (MHE), par le biais de la Direction Nationale de la Gestion des Ressources en Eau (DNGRE) est chargé d'élaborer et de mettre en œuvre la politique gouvernementale en matière de ressources en eau pour certains aspects : inventaire des eaux de surface, planification, réglementation de l'exploitation, protection et conservation des eaux et sensibilisation des usagers. Les services techniques des différents ministères élaborent les politiques nationales de développement sectoriel, alors que les services auxiliaires issus des secteurs publics et privés exécutent les politiques nationales adoptées.

3.3 Dispositions réglementaires

C'est en 1989 que la Guinée s'est dotée d'un code forestier (N° 056 /PRG/SGG/90 du 5 février) complété par décret d'application et d'un code de la faune et de la chasse. Ces deux codes sont appuyés par plusieurs textes législatifs et réglementaires relatifs à l'environnement et aux ressources naturelles dont :

- le code de l'eau promulgué par la loi L/94/005/CTRN (Conseil Transitoire de Redressement National) du 14 février 1994. Il fixe le cadre général de la gestion des ressources en eau et traite entre autres du régime juridique de l'eau, du droit d'utilisation, de la prévention des effets nuisibles des eaux, des ouvrages et aménagements hydrauliques, de la planification et de l'administration des ressources en eau, du financement, de la tarification et des eaux internationales;
- le code foncier et domanial, promulgué par ordonnance N°092/PRG/SGG/92 du 30 mars 1992, qui traite des problèmes d'assainissement et de l'hydrologie urbaine;
- le code de l'environnement, promulgué par ordonnance N°45/PRG/SGG/87 du 28 mai 1987 et qui traite des eaux continentales, maritimes et des établissements classés;
- le code forestier promulgué par ordonnance N°08/PRG/SGG/89 du 20 décembre 1989 qui traite de la conservation des eaux et des sols en relation avec les ressources forestières et fauniques;

- le code minier promulgué en 1986 et révisé en 1995 et qui traite des eaux souterraines et des gîtes géothermiques;
- le code de la santé publique promulgué en 1997 et qui traite des problèmes relatifs à l'eau potable;
- en plus de ces codes, il y a les codes : pastoral (1995) et d'élevage (1995).

Quant aux stratégies de développement forestier, elles reposent sur le Plan National d'Action pour l'Environnement (PNAE), la Lettre de Politique de Développement Agricole (LPDA), le programme d'étude du secteur énergétique et le Plan d'Action Forestier National (PAFN) de 1988. La LPDA vise à assurer la sécurité alimentaire, le développement des cultures d'exportation, la préservation des ressources et la promotion des opérateurs ruraux. Quant au programme d'étude du secteur énergétique et du PAFN, il définit la stratégie de développement du secteur sur 25 ans et est basé sur le libéralisme économique et la décentralisation. Concernant les cadres juridiques et institutionnels, ils prennent peu en compte les aspects relatifs aux espèces exotiques. Les nouvelles innovations du code forestier proviendraient du recentrage du rôle répressif des agents forestiers, de la subdivision du domaine forestier en domaines de l'État, des collectivités décentralisées et du privé. Du point de vue faiblesses, il y a d'une part, la duplication des structures et centres de décisions au niveau des administrations centrales et décentralisées et le peu de prise en compte du social et de l'environnement. D'autre part, il y a peu de personnel qualifié et d'implication des communautés dans la prise des décisions et le partage des bénéfices des projets. Ceci constitue une des principales causes de la détérioration de la qualité de l'environnement.

3.4 Capacité de recherche et de formation dans le domaine des ressources hydriques et forestières

D'après les représentants de la Direction Nationale des Eaux et des Forêts et le constat sur le terrain, il n'existe pas encore de centre de recherche et d'expérimentation en matière de foresterie. La création d'une telle structure est actuellement sollicitée par la

direction qui considère que l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée du ministère de tutelle, possède peu d'expériences en matière de recherche forestière. Bien qu'elle soit la principale institution chargée de la conservation *in situ* et *ex-situ* de la biodiversité, sa contribution dans ce domaine serait loin des attentes. En général, seules les étudiants de la Faculté des Eaux et des Forêts de l'Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah font des recherches en foresterie dans le cadre de leur mémoire de fin d'études. Dans cet institut, sont formés les ingénieurs en agriculture, élevage, forêt et génie rural. La formation universitaire en sciences de l'environnement et en foresterie est très récente contrairement au domaine agricole qui dispose de plusieurs centres de recherche dont dépend le secteur forestier. Les agents chargés des actions forestières et des contacts avec les populations sont formés à l'École Nationale des Agents Techniques des Eaux et des Forêts (ENATEF) créée à Mamou en 1992. Les seules opportunités de mise à niveau seraient les ateliers, les séminaires et les stages. Dans le secteur de l'eau, à l'exception du Centre d'Étude et de Recherche en Environnement (CÉRE) de l'Université de Conakry réalisé grâce à la coopération canadienne, il n'existe pas encore de structure de formation et de recherche.

3.5 Activités de conservation des ressources forestières et hydriques

Pour comprendre les pressions sur les ressources et les enjeux liés à l'introduction des espèces exotiques, une rencontre avec 12 représentants de la Direction Nationale des Eaux et des Forêts (DNEF) a été organisée. Selon ces représentants, les fortes pressions sur les ressources naturelles auraient conduit dans ces derniers temps, à un taux moyen de déforestation de 140 000 ha par an sans tenir compte des feux de brousse qui détruiraient les deux tiers du territoire chaque année. Les facteurs qui y concourent seraient multiples : pressions démographiques, pratiques agricoles itinérantes, surexploitation des pâturages, des ressources minières et forestières, présence massive de populations déplacées des conflits armés des pays voisins (Sierra Léone et Liberia), etc. Dans la plupart des projets de développement, il y aurait eu peu d'études et d'évaluations des impacts environnementaux. Quant à l'introduction des espèces exotiques, elle daterait de la période coloniale et a été poursuivie après l'indépendance en 1958. Ainsi, les cas des pinèdes de Dalaba, des forêts de

teck et autres espèces exotiques et améliorées introduites dans les reboisements des bassins, des forêts classées et en agriculture ont été évoqués. Pour le directeur général de la DNEF, l'une des principales causes de l'appauvrissement des ressources génétiques est l'introduction de variétés exotiques et améliorées à haut rendement pour répondre aux besoins du marché et à la sécurité alimentaire des populations. Elle aurait tendance à faire disparaître les variétés locales. Il soutient que la perte des espèces locales plus résistantes aux maladies est due en général au mouvement incontrôlé et non répertorié du matériel génétique forestier et agricole.

Au plan national, il n'existerait pas encore de structure chargée du contrôle et de la réglementation des semences forestières et agricoles. Le matériel utilisé dans les reboisements proviendrait de populations quelconques souvent inadaptées et du commerce que les projets forestiers et agricoles établissent avec les structures internationales. De plus, l'intégration des forêts tropicales et de l'agriculture dans le système économique mondial aurait plus tendance à répondre à la demande croissante de ce marché qu'à l'entretien des écosystèmes. Ceci serait perceptible à travers l'utilisation d'espèces exotiques et d'OGM plus productifs et le conflit persistant qui existe entre les recettes non utilisées à des fins de restauration et les valeurs des forêts tropicales qui de tout temps ont été considérées comme des ressources inépuisables. Les motifs de l'introduction des espèces exotiques seraient liés à leur rentabilité économique et à la politique gouvernementale et des institutions d'aide au développement consistant à lutter contre la pauvreté et à fournir aux populations du bois de chauffe et d'œuvre afin de réduire les impacts sur les ressources indigènes soumises aux usages concurrentiels incontrôlés. Les principales difficultés de la Direction Nationale des Eaux et des Forêts (DNEF) résideraient dans l'insuffisance de moyens financiers et matériels, de l'inefficacité de la gestion multisectorielle, de la faiblesse et instabilité des structures impliquées, du peu de structure de recherche en foresterie et de cadres compétents pour assurer la collecte et l'analyse des données nécessaires à la définition d'une politique forestière et agricole favorable au développement durable. Dans le domaine des ressources phytogénétiques, les participants ont souligné que l'un des principaux objectifs du gouvernement, serait la valorisation et la conservation de toutes les ressources génétiques

locales et exotiques à l'échelle nationale, ceci à travers la mobilisation de fonds d'origine nationale et multilatérale.

3.5.1 Conservation *in situ*

Pour la conservation des ressources forestières, deux activités ont été citées par les 12 participants de la Direction Nationale des Eaux et des Forêts (DNEF). Il s'agit des aires protégées qui comprennent plus de 100 forêts classées, des parcs nationaux et transfrontaliers, des sites Ramsar dont six continentaux et six côtiers et des périmètres reboisés. En plus des ces aires, il y a les aires sacrées (forêts, bosquets, reliques, mares et autres sites) des populations autochtones et locales qui ne seraient pas encore répertoriées et protégées en dépit de leur important rôle dans la conservation de la biodiversité et des ressources en eau. Elles auraient connu une régression depuis la période coloniale en passant par les États postcoloniaux qui se sont succédés et l'expansion des religions monothéistes (chrétienne et musulmane). Ceci se serait traduit par l'interdiction des pratiques autochtones de conservation et de formation de leurs confréries dans les couvents initiatiques (forêts et mares sacrées). La destruction de ces sites aurait été plus marquée en Basse Guinée et en Guinée Forestière. Il s'agit en général de zones de reproduction, de conservation des espèces et de formation des confréries chargées de la conservation des ressources naturelles. En outre, les forêts sacrées, en plus de protéger les sols, la biodiversité et les ressources en eau, auraient pris une part active dans la naissance de l'agriculture, avec la domestication de plusieurs espèces rares et cultivées de nos jours : fonio, mil, kola, ignames de Guinée, etc.

Il existerait encore des aires sacrées originelles sous contrôle autochtone. Peu de dispositions seraient prises par l'État pour leur protection face aux projets miniers, agricoles et de coupes forestières. Certaines espèces animales et végétales ne se trouveraient que dans ces sites. Contrairement à cette tradition de préservation des ressources naturelles, la Guinée ne disposerait pas encore d'histoire naturelle ou de musées de collections lui permettant de répertorier et d'identifier les diverses composantes de sa biodiversité. En outre, les systèmes agro forestiers traditionnels à palmiers à huile en Moyenne Guinée et Guinée Forestière, à

cacao, à café, à hévéa et à palmier en Guinée Forestière, en agrumes, néré, manguiers, avocatiers, bananiers, etc., en Moyenne et Basse Guinée et de karité en Haute Guinée, ont été mentionnés par les participants. Dans ces systèmes, les arbres qui ont des intérêts économiques, culturels et religieux (espèces sacrées, médicinales, alimentaires, fourragères) seraient encore épargnés et entretenus par les populations.

Cependant, peu d'études auraient été menées sur ces espèces afin de connaître l'importance des diverses utilisations qu'en font les populations, leur potentiel et importance économique et culturelle sur la vie des ruraux, leur rôle dans l'économie nationale et les possibilités de leur utilisation dans les aménagements des bassins et des forêts à la place des espèces exotiques. Pour les participants, lors de l'élaboration des projets, les populations et leurs savants locaux ne seraient pas consultés et impliqués dans le choix des espèces, le partage des responsabilités et des bénéfices. Ces projets seraient loin de répondre aux besoins et préoccupations des populations. Pour les promoteurs des projets, les raisons de l'utilisation des espèces exotiques sont liées au fait que les espèces indigènes seraient moins productives et nécessiteraient plus de temps pour leur exploitation.

3.5.2 Conservation ex situ

Pour la conservation ex situ, il y a en premier lieu, les périmètres reboisés de l'État. Ils abriteraient de grandes plantations domaniales. Il s'agit selon les participants de la Direction Nationale des Eaux et des Forêts, de plantations d'espèces de *Pinus*, d'*Acacia*, d'*Eucalyptus*, de *Gmelina*, de *Teck*, d'*Anacardier*, etc. Cette dernière aurait pris un grand essor au niveau des populations qui trouvent en elle une source de revenu. Les plantations de *Teck* prédomineraient en Basse et Moyenne Guinée et celles des *Pinus* en Moyenne Guinée en particulier dans le massif du Foutah Djallon à Pita et à Dalaba. Comme jardins botaniques, il n'existerait que deux vestiges coloniaux : le jardin de la Camayenne à Conakry créé en 1897 et qui héberge le siège de la DNEF et le jardin A. Chevalier à Dalaba réalisé en 1913. Ils permettraient encore de conserver et de distribuer à des fins de reboisement des espèces exotiques. Grâce à leur vocation de conservation *ex situ* et aux résultats enregistrés, ils

auraient donné un cours spécial à cette évolution. Quant aux privés, motivés par le profit et la recherche d'espèces plus productives, ils ne seraient pas en marge de l'introduction et de l'utilisation des espèces exotiques et des OGM.

Quant aux activités d'amélioration génétique et des essais de provenance, le Projet de Reboisement Villageois (PRV) de Dubréka, financé par l'Union Européenne, disposerait de plusieurs parcelles de provenance des espèces dont les essais concluants auraient permis par exemple, de choisir la parcelle d'*Acacia mangium* comme verger à graines. Des essais d'inoculation bactérienne et de souches de champignon sur des centaines de milliers de plants de cette espèce et de celle d'*Afzelia africana* seraient déjà réalisés. D'autres centres de recherche comme le Centre de Recherche Scientifique et Océanographique de Rogbané (CERESCOR), le Centre National des Sciences Halieutiques de Boussoura (Conakry), le Centre Agronomique de Foulaya (Kindia), l'Institut des Sciences Biologiques et Appliquées de Kindia et l'Université de Conakry en disposeraient d'autres collections. La plupart de ces centres possèderait peu de conditions favorables à la conservation. Il n'existerait pas encore de banque de semences forestières et agricoles. La conservation en chambre froide du matériel végétal acquis pour les plantations et en agriculture est pratiquée dans les centres de recherche agronomique. Ces données ont été confirmées par les observations sur le terrain.

3.5.3 Conservation des ressources phytogénétiques

En Guinée, l'agriculture est pratiquée par près de 80% de la population. Le riz est l'aliment de base du pays. Les activités de recherche en agronomie sont sous la direction de l'IRAG qui coordonne les programmes de recherche de six Centres de Recherche Agronomique (Kilissi, Foulaya, Bareng, Bordo, Koba et Sérédou) et d'un Centre de Recherche Zootechnique (CRZ), tous localisés dans les quatre régions naturels du pays, comme indiqué à la figure 3.1

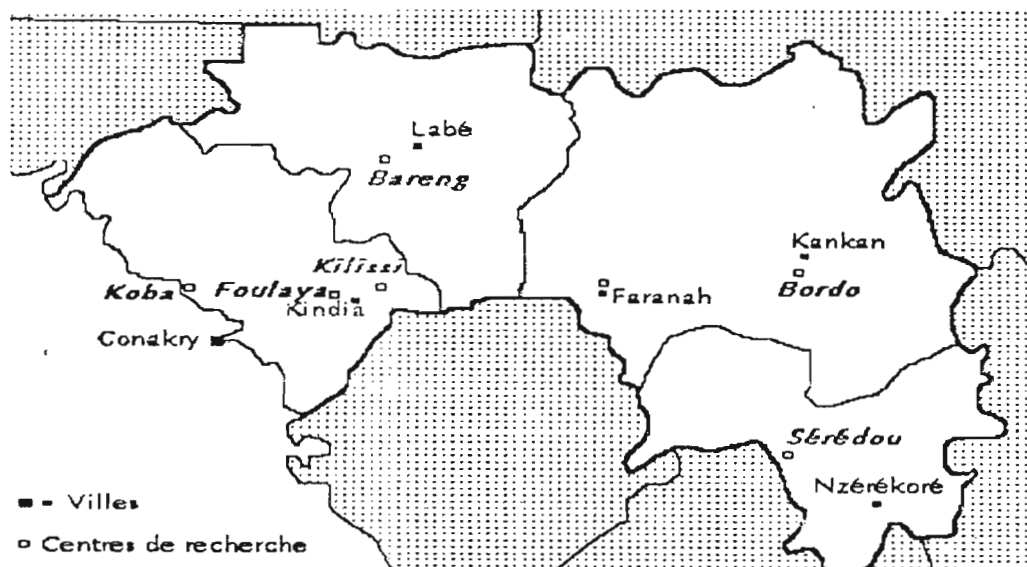


Figure 3.1 Villes et Centres de Recherches Agronomiques de Guinée.

Le siège de l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée est basé au CRA de Foulaya (Kindia) qui travaille en étroite collaboration avec les cinq autres sur les différentes variétés locales et celles fournies par les réseaux internationaux. Celui de Kilissi est considéré comme le réservoir des variétés hybrides. Des enquêtes menées auprès de 15 représentants de l'IRAG, il se dégage que contrairement au secteur forestier, le personnel est composé de généticiens, de sélectionneurs et de quelques compétences dans la création végétale. La sécurité en matière de conservation et d'exploitation des ressources phytogénétiques relève uniquement de l'IRAG. L'importation et l'exportation des échantillons phytogénétiques seraient autorisées. Il existerait des mesures de mise en quarantaine des produits végétaux. Ces derniers seraient soumis à un double contrôle de la qualité et de l'état sanitaire au niveau des CRA. Le matériel, trouvé indemne de maladies et d'insectes serait facilement introduit. Pour les participants, la conservation des semences *ex-situ* poserait néanmoins des problèmes au niveau de leur régénération et de leur adaptation au milieu et aux parasites. Dans la plupart des CRA, les structures de conservation seraient défectueuses. Ceci apparaît être une des sources de propagation de parasites et de dérives génétiques.

La collecte des échantillons de cultures ciblées serait réalisée par une équipe mixte IRAG/Institutions étrangères impliquées dans la fourniture et l'échange de matériel génétique et d'expériences. Grâce à cette coopération, les collections *ex situ* dans les CRA seraient enrichies par l'introduction d'autres variétés exotiques. Le matériel de production serait conditionné au niveau des CRA par des services chargés des tests d'adaptation et de confirmation de leur potentialité en station et en milieux forestier et paysan : Points d'Essais (PE) et Unités Expérimentales Paysannes (UEP). En milieu paysan, les usagers mettent généralement à profit leurs contacts avec les agents de vulgarisation pour s'informer des nouvelles variétés et techniques agricoles et de conservation des variétés introduites et confirmées dans les stations de recherche. L'implication des privés dans l'importation et la vente de ressources génétiques et le peu de loi au niveau national pour leur interdiction ou limitation, poseraient plus de difficultés au niveau du contrôle. Par exemple, selon le président de la fédération des paysans du Foutah Djallon basée à Pita, leurs semences viendraient directement de l'Europe en particulier des Pays-Bas et de la Belgique. Les conséquences de la vulgarisation des espèces exotiques et génétiquement modifiées dans l'environnement sont en général peu connues en milieu paysan et les maladies peu associées à l'utilisation de ces espèces. Le profit à court terme et l'absence d'informations sur leurs impacts font que leur culture est en train de prendre de l'expansion au détriment des cultures locales. Les risques de dérives génétiques et d'invasions biologiques sont ainsi bien présents.

3.6 Institutions impliquées dans l'introduction des espèces exotiques et des OGM.

Selon les 15 représentants des Centres de Recherche Agronomiques rencontrés, en plus des sociétés privées, plusieurs institutions seraient impliquées dans l'échange et l'introduction des espèces exotiques et améliorées en Guinée. Il s'agit principalement de :

- International Institute of Tropical Agriculture (IITA);
- International Crop Research Institute for Semi-Arid Tropics (ICRISAT);
- Semi-Arid Food Grain Research And Development (SAFGRAD);
- International Rice Research Institute (IRRI);

- International Plant Genetic Research Institute (IPGRI);
- International Institute for Restorative Practice (IIRP);
- Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR);
- l'Institut International de Recherche Scientifique pour le Développement en Afrique (IIRSDA);
- l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO);
- l'Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-mer (ORSTOM) et
- le Groupe Consultatif pour la Recherche Agronomique Internationale (GCRAI).

Au niveau national, il n'y aurait pas encore de banque de gène. Il s'agirait plutôt de collections de semences et de variétés dans les différents centres de recherche agronomique. Ces derniers bénéficieraient d'une aide financière de la part de ces institutions et du gouvernement. L'exploitation et la diffusion des collections en milieu paysan relèveraient de la Direction Nationale de la Promotion Rurale et de la Vulgarisation Agricole et des ONG. Les collections seraient très diverses et concerneraient les légumineuses alimentaires et fourragères, les cultures maraîchères, céréalières, les tubercules, les agrumes, les semences forestières et agricoles. Comme exemple de semences importées, il faut citer le riz, les variétés de *Pinus* et de coton génétiquement modifié, etc. Cette dernière culture et l'exploitation aurifère sont répandues dans toutes les régions de la Haute Guinée, en particulier dans les principaux bassins des fleuves de Tinkisso, Niger et autres.

3.7 Maladies associées aux espèces exotiques introduites

Pour les maladies associées aux espèces exotiques introduites, des entretiens ont été organisés avec 22 agents de vulgarisation des centres de recherche agronomique. Ces derniers soutiennent que certaines variétés exotiques sont moins résistantes à la verse et aux maladies. En dépit de cette sensibilité, elles ont été jugées intéressantes par 86% des agents à cause de leur précocité et bon rendement. Pour ces acteurs, l'utilisation des pesticides permet de maintenir les rendements et de réduire les conséquences sur l'environnement. Concernant l'origine de ces maladies, 77% des participants soutiennent que le manque de rigueur au niveau du contrôle par les services de quarantaine dans les CRA serait la cause de la

propagation de certaines maladies et ravageurs. Leur prolifération, l'entretien et les coûts liés aux intrants agricoles pour les variétés exotiques exigeantes en intrants chimiques auraient poussé plusieurs paysans à conserver leurs variétés locales. Pour surmonter ces difficultés, des campagnes de sensibilisation sont constamment organisées par les agents de vulgarisation. Dans le cas de la culture des agrumes, celle-ci est très répandue en Guinée et répond en grande partie aux besoins des pays voisins. La moyenne Guinée (Foutah Djallon), principale région productrice d'agrumes, assurerait environ plus des deux tiers de la production nationale et la presque totalité des exportations. Les espèces locales auraient presque disparues. Toutefois, les 22 participants des CRA ont unanimement reconnu que depuis 1993, la *cercosporiose* due à *Phaeoramularia angolensis* a envahi la Moyenne Guinée, entraînant une diminution de plus des deux tiers de la production nationale. La totalité des vergers du Foutah Djallon serait atteinte par la maladie qui aurait gagné le reste du pays. Il n'existerait pas encore de moyens pour faire face au fléau.

Quant au secteur céréalière, Ibrahima Barry, ex directeur de l'Opération Nationale pour le Développement de la Riziculture (ONADER) a soutenu que plus de 400 variétés de riz ont été introduites par l'ADRAO. Parmi ces variétés, plusieurs sont confrontées aux maladies. Il s'agit par exemple de la *Pyriculariose* et de l'*Helminthosporiose* qui sont combattues dans les centres d'expérimentation de Koba et de Kamalo (Guéckédou) par des pesticides type BASGRAM non accessibles aux paysans. Les espèces productives de riz flottantes comme celles venues de l'Asie seraient les plus vulnérables à ces maladies qui provoquent l'assèchement complet des feuilles. Le SAMBAN KONKON serait la seule variété locale retenue dans les projets à cause de son bon rendement et de son adaptation en zones de culture pluviale, irriguée et de bas-fond. En outre, pour l'ex directeur d'ONADER, les évaluations des variétés introduites ne comporteraient que deux tests dans les centres de recherche de Koba pour les espèces irriguées et de mangrove et de Kamalo à Guéckédou pour les espèces pluviales. Il s'agit du Test d'Évaluation Initiale (TEI) pour apprécier le rendement, la résistance aux maladies et à la sécheresse sur de petites parcelles et les Essais Comparatifs de Rendement (ECR) sur de grandes parcelles. Seules les espèces à haut rendement sont distribuées aux paysans et aux privés. En dépit des conséquences sur les

équilibres naturels, il soutient que les promoteurs de projets seraient loin de se décourager. La recherche d'espèces plus productives et résistantes constituerait leur principal objectif.

Par ailleurs, les observations sur le terrain ont montré que l'introduction des espèces exotiques et améliorées au Foutah Djallon pour la promotion des cultures de rente a aussi bouleversé le système traditionnel de multiculture au niveau des tapades (vaste enclos autour des concessions géré par les femmes). C'est un système ancestral qui consiste à l'utilisation sur une même parcelle des agrumes, des légumineuses, des tubercules, des céréales, des oléagineux, etc., et à l'application de compost et de la fumure organique. Il a permis pendant des siècles aux populations de maintenir la fertilité des sols, de varier leur alimentation, de préserver les cultures locales et la fertilité des sols ferrallitiques qui caractérisent la région. Ce modèle est soit substitué par les monocultures de rente comme la pomme de terre, soit exposé aux impacts des espèces exotiques et OGM introduites dans le système. Les 40 femmes gestionnaires des tapades ignorent toutefois les conséquences des dérives génétiques qui pourraient en résulter. Contrairement à leur ancien système de multiculture, 85% de ces femmes soutiennent que l'utilisation prolongée de la monoculture exotique ou d'OGM dans ces tapades aurait contribué à la diminution rapide des rendements en raison des besoins en fertilisants. L'abandon des cultures et des techniques locales aurait aussi accéléré le déséquilibre alimentaire des familles, la perte des espèces locales et l'extension des tapades à cause de la baisse des rendements et du peu de moyens pour l'achat d'intrants chimiques.

3.8 Espèces exotiques introduites dans les aménagements des bassins fluviaux et des forêts classées : cas de Dalaba et de Pita

L'ampleur de l'utilisation des espèces exotiques forestières en Guinée est bien matérialisée par les aménagements des bassins et des forêts classées de Dalaba et de Pita. Dans le cas de Dalaba, il s'agit de plantations de pins de plus de 4000 ha pour la protection des sols des pentes abruptes et des autres plantations au niveau des bassins des deux principaux fleuves qui arrosent la région : le Konkouré et la Téné. C'est en 1913 que le français Auguste Chevalier a créé le jardin de pins exotiques de Dalaba (figure 2.2). Parmi les

espèces rencontrées, il y a : *Pinus kesiya*, *Pinus pinaster*, *Pinus patula*, *Pinus elliotti*, *Pinus merkusii*, *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea* et *Pinus taeda*. Il existe dans la région d'autres espèces exotiques dont les plus utilisées sont : *Gmelina arborea*, le Teck, *Cassia siamea*, *Styrax tonkinensis*, *Eucaliptus* et *Anacardium excelsum*. Ces espèces de pins servent de plus en plus dans les aménagements de forêts classées et des bassins versants du massif du Foutah Djallon. Dans le jargon populaire, les pinèdes ont transformé le paysage de la Moyenne Guinée en un paysage européen. Les graines fécondes de *Pinus kesiya* fournissent les semences aux pépinières, alors que celles de *Pinus caribaea* et autres sont importées. Plusieurs sont en voie d'expérimentation. Leur origine est présentée au tableau 3.1.

Tableau 3.1 Origines des espèces de *Pinus* introduites à Dalaba (Delorme, 1998)

Essences	Origine et observations
<i>Pinus kesiya</i>	Originaire d'Asie. Apparemment la mieux adaptée à la région. Principale essence de reboisement, elle est la seule à produire des graines fécondes pouvant donc fournir des semences à la pépinière.
<i>Pinus patula</i>	Originaire du Mexique. Assez mal adapté à la région, de croissance lente, son élagage est mauvais. Il ne fructifie pas dans la région.
<i>Pinus caibaea</i> (<i>hondurensis</i>)	Originaire d'Amérique centrale. Peu utilisé, il semble cependant donner de bons résultats. Il a été largement utilisé à partir de 1983 grâce au projet d'aménagement des bassins de la région de Pita.
<i>Pinus pinaster</i> (<i>pin maritime</i>)	Les essais réalisés ont donné des mauvais résultats.
<i>Pinus merkusii</i> <i>Pinus oocarpa</i> <i>Pinus taeda</i>	Ces essences existent à titre expérimental dans les vieux peuplements, mais sont tout de même en voie de multiplication depuis l'introduction des graines en 1983.

Les plantations de protection s'étendent sur les versants abrupts de la ville, sur les rives de la Téné et les forêts classées de Tinka et de Tangama. En plus du Jardin Chevalier, les peuplements de production sont localisés dans les plaines humides de Sébhory et de Pitawi. Ces plantations sont la propriété de l'État et sont sous la responsabilité de la Direction Nationale des Eaux et des Forêts. Au niveau des aménagements des forêts classées et de bassins de la préfecture de Pita, ce sont les mêmes espèces qui sont utilisées. Selon les informations recueillies auprès de cinq agents forestiers, certaines espèces utilisées à Dalaba auraient eu plus de succès à Pita. Parmi ces espèces figure *Pinus caribaea hondurensis* originaire d'Amérique centrale. En plus des pins, les espèces exotiques suivantes ont été recensées dans les deux préfectures : *Gmelina arborea*, *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Acacia holosericea*, *Acacia siamea*, *Eucalyptus canaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus cloezania*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus torrelliana*, *Eucalyptus globulus* et *Anacardium excelsum*. Par ailleurs, même si les plantations de Teck et de *Gmelina* réalisées en Basse et en Moyenne Guinée étaient prévues pour la satisfaction des besoins en bois de feu et de services des grandes villes, elles ont fini par être classées comme plantations industrielles. Ce changement de statut des forêts exotiques aurait entraîné de fortes pressions sur le reste des ressources indigènes. Seules les plantations de *Cassia siamea* et d'*Anacardium excelsum* sont considérées comme des plantations non industrielles. La première est utilisée pour le bois de chauffe et la seconde comme pare-feu et pour la diversification du revenu des producteurs.

3.9 Impacts socioéconomiques et environnementaux des forêts exotiques

Selon le constat sur le terrain, les opérations d'aménagement des mono forêts exotiques favorisent peu l'adhésion des populations. Pour les communautés, contrairement à leurs forêts tropicales, elles ne feraient pas partie de leur culture et ne contribueraient pas à l'amélioration de leurs conditions de vie et de celles de la faune. Des entretiens individuels et des six groupes focaux réalisés dans les villages de Sébhory, Tinka, Pitawi (à Dalaba), Missidé Héiré, Dar Es-Salam et Pita centre (à Pita), il se dégage que 76% des 58 personnes rencontrées considèrent que les forêts exotiques implantées dans les plaines humides comme

celles de Sébhory et de Pittawi contribuent à leur assèchement avec les cours d'eau dès le début de la saison sèche qui dure plus de sept mois. En outre, 85% des 40 personnes cohabitant avec les forêts reconnaissent qu'elles sont fréquemment obligées d'approfondir leur puits en saison sèche. Pour les participants, ce phénomène s'accélère au fur et à mesure qu'elles se développent. Elles affecteraient la biodiversité locale et leurs activités de maraîchage. En dominant le sous étage, elles étranglèrent toutes les espèces indigènes. Dans les vieux peuplements, il n'existerait plus d'espèces locales. Ces faits ont été corroborés par les observations au cours des différents déplacements avec les guides de terrain. Pour les cinq agents forestiers rencontrés, les difficultés majeures associées aux espèces exotiques et améliorées résideraient dans l'évaluation des risques inhérents à l'introduction de chaque espèce dans son nouvel environnement et le peu de structure de recherche et de cadres compétents pour l'évaluation des impacts et la prise de mesures d'atténuation.

Cette nuisance aux usages et au fonctionnement des ressources hydriques s'expliquerait par l'absence de perte de leur feuillage, leur taille et capacité de s'enfoncer et d'utiliser plus d'eau que les autres espèces indigènes. Même si les autorités locales considèrent ces forêts comme favorables au développement du tourisme de nature, leur implantation dans les zones humides fertiles est loin d'être partagée par la population. Pour 91% des 98 participants, l'utilisation du bois des pins comme charpente n'est pas acceptée culturellement. Ceci serait la cause du rejet des propositions faites par les autorités pour leur implication dans l'entretien des jeunes plantations à travers la culture du fonio. Pour ces communautés, les espèces locales et la diversité des forêts tropicales auraient plus d'importance tant sur le plan alimentaire, sanitaire, socioéconomique que culturel. À cause de ces multiples services, 91% des participants se plaignent du peu de valorisation des espèces indigènes qui répondent à leurs besoins matériels et spirituels et à ceux de la faune qui aurait déserté les peuplements exotiques. En outre, pour les 11 sages consultés dans les différents villages visités, les noms de Dalaba, de Pitawi et de Pita seraient liés aux riches écosystèmes hydriques et forestiers qui existaient dans ces régions avant et pendant la colonisation. En langue mandingue, Dalaba signifierait grande mare (Dala = mare et ba = grande). Les plaines humides où sont implantées les pinèdes formeraient à l'époque coloniale une sorte de mare

alimentée par les cours d'eau du massif du Foutah Djallon et qui aurait donné le nom de la ville (Dalaba). Les noms de la ville de Pita et du village Pitawi signifieraient en langue peul, grand bosquet ou forêt (Pita = bosquet = forêt et wi = très grand). À cause de leur riche biodiversité, ces écosystèmes situés au cœur du massif furent alors considérés par les colons comme des sites à protéger. Malheureusement, ils ont cédé leur place aux pinèdes. Actuellement, en dépit de leur extension dans la région, le fonctionnement du barrage hydroélectrique de King Kong devient de plus en plus aléatoire en saison sèche à cause du tarissement précoce des principaux cours d'eau du bassin.

Pour les sages, la substitution des ces forêts naturelles par des mono forêts exotiques a supprimé les habitats, dégradé les ressources en eau, la biodiversité, leurs sources d'alimentation et de santé physique et spirituelle et augmenté les pressions sur le reste des ressources. Ils soutiennent que l'implantation de ces mono forêts s'est accompagnée de la perte des terres cultivables des plaines, de l'affaiblissement des structures traditionnelles de conservation et de la raréfaction des espèces indispensables à leur survie. Ceci se serait traduit par l'accroissement du temps de travail des femmes et des enfants chargés de la collecte de l'eau, du bois de feu, de plantes médicinales et de produits de cueillette. Tout en regrettant d'avoir été marginalisés dans les projets et le choix des espèces à utiliser dans les reboisements, ils ont mentionné à titre d'espèce à promouvoir en foresterie, *Parkia biglobosa* ou néré comme exemple. Elle serait parmi les espèces les plus utilisées en agroforesterie par les populations pour la fertilisation des sols, l'alimentation et la médecine traditionnelle. Ses gousses de couleur rousse contiennent des graines rousses enfouies dans une pulpe jaune farineuse sucrée très disputée par les hommes et les animaux surtout les singes et les rongeurs arboricoles. Les graines font l'objet d'un commerce florissant. La pulpe du fruit est consommée sur l'ensemble du territoire comme un aliment d'appoint avec du lait ou du miel. Sa cuisson à la vapeur permet une bonne conservation. Les graines cuites, fermentées et séchées (le soumbara) sont utilisées pour l'assaisonnement des sauces et constituent une source de revenu pour les femmes. Dans le domaine de la médecine traditionnelle, tous les organes de l'arbre seraient utilisés en pharmacopée traditionnelle pour le traitement de

plusieurs affections : parasitaires, circulatoires, respiratoires, digestives et de la peau. La cueillette serait encore bien réglementée par les instances traditionnelles.

Pour les participants, les multiples impacts socioéconomiques et environnementaux des espèces exotiques identifiées, expliqueraient les raisons pour lesquelles l'Afrique du Sud a organisé en 2007 dans les différentes régions d'implantation des forêts exotiques, de vastes campagnes de déforestation des *Pinus*, des *Eucalyptus* et autres introduits pendant la période coloniale, afin de favoriser la réalimentation de ses cours d'eau. En outre, pour les sages, la logique économique et la négligence des dimensions socioéconomique, environnementale et culturelle de la forêt tropicale qui a façonné leur identité et leurs cultures, demeurerait l'un des obstacles majeurs à la participation des communautés dans les projets. Le succès de celle-ci serait intimement lié à sa dimension économique et socioculturelle de la forêt, c'est-à-dire aux formes de représentation qui l'entourent conformément aux besoins, aux manières d'agir, de penser et de sentir propre des populations dans leur environnement physique, social et culturel. Ces formes de représentation, en tant qu'expression d'une conscience collective partagée, conditionneraient le niveau de leur participation.

3.10 Discussion

De cette étude, il apparaît que la gestion des ressources en eau et forestières est fragmentée entre l'ensemble des ministères. L'existence d'un nombre appréciable de textes législatifs et d'institutions constitue un frein à leur compréhension et à la mise en œuvre efficace des politiques adoptées. Chacun des textes législatifs qui réglementent les ressources relève de ministère et de services différents sans coordination réelle sur le terrain. Cette situation et l'instabilité des structures conduisent à un chevauchement d'autorité, à des effets préjudiciables d'un projet à l'autre, à l'épuisement des ressources naturelles et financières, à l'insécurité en matière de droit forestier, agricole et d'eau et à une incertitude quant à la bonne exécution des projets. La prévalence de la logique économique par rapport à l'environnement et au social, l'inadéquation des politiques de développement, la corruption et la faiblesse des structures de recherche et de formation en foresterie et en environnement, font

que peu de citoyens sont conscients du danger des politiques actuelles de développement et des invasions biologiques. Les connaissances, intérêts et droits des populations autochtones et locales sont peu pris en compte dans les politiques adoptées. Leur non légitimation dans la conscience collective et l'antagonisme qui caractérise les deux types de législations traditionnelle et moderne rendent complexe et contradictoire la gestion des ressources. Les principales difficultés du pays selon les participants, résideraient dans la gouvernance, l'inadéquation des cadres juridiques et institutionnels, l'insuffisance de moyens, l'inefficacité de la gestion multisectorielle, la faiblesse et instabilité des structures impliquées et du peu de cadres compétents pour assurer la collecte et l'analyse des données nécessaires à la définition de politiques hydriques, forestières et agricoles favorables au développement durable.

Pour atténuer les impacts et améliorer l'efficacité des cadres juridiques élaborés ou en cours d'élaboration, il apparaît judicieux de favoriser la bonne gouvernance, la décentralisation et la création d'un ministère de l'environnement chargé de travailler en étroite collaboration avec les différents ministères pour cerner la problématique environnementale du pays à travers la mise en place de programmes de suivi des projets, de gestion intégrée des ressources en eau par bassin versant, d'étude et d'évaluation des impacts environnementaux des projets hydriques, forestiers, miniers et agricoles. Sur le terrain, il est difficile de voir le rôle que joue la Direction Nationale de l'Environnement à cause du changement constant de ministère de tutelle, du peu de prise en compte du domaine de l'environnement et du morcellement du secteur des eaux et des forêts. En outre, la gestion des ressources humaines est peu fondée sur des critères de compétence. Les relations d'origines ethniques, régionalistes, politiques et d'intérêts empêchent la mise en synergie des acteurs. Ceci crée des conflits, décourage les bonnes volontés dans l'exécution des projets. La problématique de la bonne gouvernance se pose à tous les niveaux. Ainsi, bien qu'on trouve dans les discours, plans et documents officiels des souhaits et des propositions parfois inspirés des législations modernes et de volonté apparente de protéger les ressources naturelles et l'environnement, il est difficile de dire que le pays dispose de politiques d'eau, forestière, agricole et environnementale clairement définies et fermement appliquées.

Les politiques menées sur le terrain coïncident peu avec celles proposées. Il existe divers projets qui sont décidés au coup par coup selon des critères de politiques régionalistes et de possibilités d'aides étrangères pour l'exploitation des ressources et l'utilisation d'espèces exotiques et améliorées. Il s'agit de politiques élaborées dans des contextes de variabilité plutôt que de politiques systématiquement mises en œuvre à partir d'objectifs définis de manière précise en relation avec le social, les spécificités locales et l'environnement. Le renforcement des législations calquées du monde moderne ou colonial au détriment des valeurs, cultures et législations traditionnelles et les difficultés de leur application, ont ainsi généré de nombreux problèmes tant à l'État dépourvu de ressources matérielles, humaines et financières, qu'aux populations autochtones et locales bousculées dans leurs convictions multiculturelles, dépersonnalisées dans leurs identités et marginalisées dans la conservation des ressources de leurs terroirs. Cette situation a favorisé la déperdition écologique ainsi que la remise en cause de la légalité des cadres juridiques et institutionnels élaborés. Ceci a engendré des conflits de logiques qui prennent souvent l'aspect d'affrontement entre légalité nationale moderne et légitimité locale traditionnelle.

Des différentes étapes qui ont marqué l'histoire du développement mis en place dans les pays africains depuis la fin de la colonisation, il apparaît ainsi que les solutions proposées jusque là dans le cadre de la gestion des ressources naturelles reposent encore « sur des choix techniques conçus hors de leur futur contexte d'utilisation » (Geslin, 2006). Les résultats de cette étude montrent qu'en dépit de la signature des conventions sur l'environnement et des pressions sur les ressources naturelles, celles-ci sont de plus en plus soumises aux impacts des invasions biologiques et les connaissances et pratiques populations autochtones de conservation peu valorisées avec les espèces indigènes. Ainsi, dans le cas des pinèdes de Dalaba par exemple, « Il n'y a eu aucune gestion participative et aucun apport au changement des conditions de vie des populations, toutefois, un apport de techniques, de fonds et de connaissances a été mis en place pour optimiser l'utilisation d'une ressource » (Delorme, 1998). Par ailleurs, peu de dispositions sont prises par l'État et les institutions d'aide au développement pour améliorer les cadres juridique et institutionnel, informer le public et les

acteurs sur les impacts socioéconomiques, environnementaux et culturels que représentent ces espèces. À cela s'ajoute le peu de mesures prises pour contrer leur introduction et invasions.

Le concept de rendement maximal en foresterie conduit ainsi à la simplification de plus en plus des forêts tropicales. Il en va de même du secteur agricole où l'agriculture de subsistance et les variétés locales cèdent elles aussi leur place à l'agriculture de rente dominée par des variétés exotiques et OGM souvent exigeants en intrants chimiques. L'utilisation abusive de ces derniers et l'apparition de maladies exotiques affectent les écosystèmes agricoles, forestiers et hydriques. À rappeler qu'une espèce envahissante est une espèce végétale, animale ou microbienne qui colonise un nouvel environnement et y prolifère loin de son aire d'origine, après avoir la plupart du temps, été transportée par l'homme, intentionnellement ou non (Catri, 1990). Les résultats de cette étude témoignent que ces espèces sont capables de provoquer des déséquilibres écologiques, hydrologiques, sanitaires, socioéconomiques et culturels en mettant en danger les écosystèmes naturels et la survie des espèces. Parmi ces hôtes envahisseurs figurent les espèces de *Pinus*, d'*Eucalyptus*, d'*Acacia*, etc., dont les comportements invasifs sont reconnus à travers le monde. Leur prolifération étant devenue un enjeu pour tous les États, la convention sur la biodiversité a reconnu leur impact planétaire et a encouragé à les contenir et à les surveiller (PNUE, 1994).

En Guinée, en dépit de la reconnaissance de leurs impacts, plus de 25 variétés d'*Eucalyptus* ont été introduites (FAO, 1973). Concernant leurs dangers avec les espèces de *Pinus*, les données obtenues dans le cadre de cette étude sont en accord avec celles de la littérature. Dans le cas de leurs impacts sur la ressource en eau, des études réalisées au Brésil par Binkley *et al.* (2004) ont montré qu'une forêt d'*Eucalyptus globulus* de hauteur moyenne de 20 à 25 m et maximale de 70 m pouvait consommer 869 mm d'eau par an. Avec leur régénération et croissance rapides, ces forêts aménagées en zones tropicales ont provoqué l'assèchement des cours d'eau et se sont propagées dans les écosystèmes grâce à la facilité de germination de leurs graines. Les espèces d'*Eucalyptus* étant exigeantes en eau et en nutriments, leur introduction dans les zones humides affectées par le phénomène d'eutrophisation dans les différentes régions de la Guinée, pourrait ainsi accélérer leur

établissement et invasion. Quant aux espèces de *Pinus*, Bouchafra (1982) soutient que les forêts de *Pinus radiata* qui peuvent atteindre 30 à 50 m de haut avec un diamètre de 1,5 m, assèchent les cours d'eau en conservant leur cône et en libérant des graines viables. Leur capacité de reproduction précoce et élevée expliquerait leur caractère envahissant. Leur acclimatation actuelle dans les bassins versants du massif du Foutah et leurs impacts vont encore s'accroître et les moyens pour leur éradication devenir de plus en plus complexes et coûteux. Ceci s'explique par le fait qu'en dépit de leur caractère invasif et de l'existence de jardins exotiques, les institutions chargées des eaux et des forêts, de l'agriculture et d'aide au développement continuent d'importer des semences exotiques et des OGM plus productrices au niveau des projets forestiers et agricoles.

Ce problème n'est pas propre à la Guinée. En Afrique du Sud, plus de 1,5 million d'hectares ont été plantés d'arbres exotiques en régime de monoculture et à l'heure actuelle, la plantation se poursuit au rythme de plus de 130 kilomètres carrés par an. Ces espèces, surtout des *Eucalyptus*, des *Pinus* et des *Acacias*, couvrent 1,65 million d'hectares supplémentaires (WRM, 2006). Pour cette organisation, ces plantations établies dans ce qui était auparavant la prairie humide de haute altitude, ont eu un effet dévastateur sur la vie de près de 40 espèces d'oiseaux endémiques. Abordant leurs impacts sur les ressources en eau, Calder (2000) note en plus que les débits et la réalimentation de la nappe souterraine en subissaient encore l'impact cinq ans après l'abattage des arbres. Quant à la population rurale, elle aurait été affectée par les conséquences qui vont des expulsions au chômage, de la diminution des réserves d'eau à celle des sols et du libre accès aux ressources végétales et animales qui fournissent des aliments, des médicaments, du fourrage, du combustible, des matériaux de construction et autres biens. Ces données corroborent les résultats des présentes enquêtes.

En outre, des données des enquêtes, il ressort que les acteurs (administrateurs, agronomes et forestiers) maîtrisent peu les enjeux liés aux invasions biologiques. Les moyens et le personnel qualifié font défaut. Les institutions internationales chargées de la recherche ICRIAT, IRRI, IPGRI, CGIAR, IIRSDA, ADRAO, etc. et de l'aide au développement sont

souvent plus impliquées dans le commerce et l'échange de matériel génétique que dans la qualification du personnel et l'amélioration des cadres juridiques et institutionnels. Ceci accélère le sous développement, l'érosion génétique, la perte de la biodiversité, la pauvreté et l'exode rural. Abordant les facteurs contribuant à l'invasion biologique, Genton (2005) rappelle que les interactions biotiques avec les autres composantes des écosystèmes, déterminent en grande partie le succès écologique d'une espèce. L'importance des agents pathogènes du sol a été mise en lumière par Callaway et Ridenour. (2004) dans le cas de la *Centaurea maculosa*, une des espèces européennes les plus nuisibles en Amérique du Nord. Selon ces chercheurs, dans son aire d'origine, son abondance est fortement limitée par les agents pathogènes du sol contrairement en Amérique où les sols n'hébergent pas d'agents pathogènes spécifiques susceptibles de freiner son développement et son extension. De même en Californie, l'Oyat (*Ammophila arenaria*) ne se comporterait pas comme une espèce envahissante. Ses racines n'y hébergent aucun nématode pathogène contrairement à ce qu'on observe en Europe (Beckstead et Parker, 2003).

Ces données montrent que les tests de contrôle ou de mise en quarantaine des espèces exotiques et améliorées introduites en Guinée au niveau des centres de recherche agronomique apportent peu de solutions à leurs impacts environnementaux. De plus, elles pourraient expliquer en partie la différence de rendement du *Pinus caibaea* originaire d'Amérique centrale dans les régions de Dalaba et de Pita. Cependant, l'hypothèse selon laquelle, une fois libérée de leurs ennemis naturels dans leur région d'introduction, les plantes peuvent allouer plus de ressources à la croissance et à la reproduction, n'a pu être vérifiée dans tous les cas (Van Kleunen et Schmid, 2003). De même, celle qui considère que les plantes libèrent dans leur environnement des composés chimiques qui exercent un effet négatif sur leurs compétiteurs, est aussi controversée (Hierro et Callaway, 2003). Il existe donc plusieurs facteurs qui peuvent favoriser ou défavoriser l'invasion d'une espèce. Par exemple, la pollinisation peut être à l'origine d'un phénomène de compétition apparente. Ainsi, Chittka et Schurkens (2001) signalent que l'introduction d'*Impatiens glandulifera* dans un écosystème attire beaucoup plus les pollinisateurs locaux que les espèces indigènes dont la production des graines diminue.

Par ailleurs, l'introduction d'une nouvelle espèce sensible à un parasite (ou un parasitoïde) indigène permet l'augmentation de la densité de population du parasite, auparavant limitée. La population du parasite peut dans ce cas dépasser le seuil d'« invasion » (Dérédec et Courchamp, 2003). Ceci pourrait expliquer l'apparition et l'expansion dans les différentes régions de la Guinée de la *pyriculariose* et de l'*helminthosporiose* suite à l'introduction de variétés exotiques de riz et de la *Cercosporiose* au niveau des agrumes dans les préfectures du Foutah Djallon et du pays. En dépit des dommages causés, il existe peu de mesures pour les contenir. Depuis l'apparition de cette dernière en 1993 au Foutah Djallon, aucune disposition n'est encore prise par les ministères concernés. Or, même si les centres de recherche agronomique disposent de pesticides pour faire face aux maladies dans les parcelles d'essais, les paysans et les privés ne disposent pas de tels moyens pour contrer le fléau dans des grandes superficies de cultures.

En foresterie, il faut signaler qu'en raison de l'utilisation généralisée de conifères exotiques, un plus grand nombre de ravageurs forestiers non indigènes comme les pucerons ont déjà fait leur apparition en Afrique (Katerere, 1983). En 1991 par exemple, le puceron du cyprès européen, *Cinara cupressi* (Buckton) a envahi huit pays d'Afrique orientale et occidentale où il a tué des arbres, occasionnant des pertes estimées à plus de 413 millions de dollars par an (Murphy, 1993). Dans ce domaine, des études ont montré également que les pertes de rendement en agriculture et en foresterie et les moyens de lutte mis en œuvre contre les organismes nuisibles sont à l'origine de coûts annuels estimés pour les États-Unis, l'Inde, le Brésil, l'Australie, l'Afrique du Sud et le Royaume-Uni, à plus de 28 milliards de dollars (Pimentel, 2002). Quant au coût économique et environnemental global des invasions biologiques, ces auteurs l'évaluent à 240 € par an et par habitant et considèrent qu'elles grèvent l'économie mondiale de 5% de ses recettes. Ceci sans compter que ces chiffres iront en augmentant en l'absence de mesures préventives et curatives efficaces de la part des États et des institutions d'aide au développement.

L'extension des pinèdes dans les bassins du massif du Foutah Djallon représente ainsi un grand danger pour la sous région. En outre, il faut noter qu'en plus des pertes écologiques

engendrées, les populations en contact avec les espèces exotiques peuvent développer des maladies comme des allergies. De plus, des pertes de rendements agricoles et forestiers suite à l'explosion des maladies exotiques peuvent également mettre en danger la survie des populations, des semences indigènes et encourager la dépendance des paysans vis-à-vis des multinationales détentrices des semences. Les raisons données pour leur introduction et utilisation en Afrique reposent encore sur leur croissance rapide et haut rendement par rapport aux espèces indigènes, la lutte contre la pauvreté et l'érosion des sols et la fourniture de bois de chauffe et d'œuvre aux populations pour réduire les pressions sur les ressources locales. Ces arguments masquent les réalités et conduisent de plus en plus à la conversion des principaux bassins et des zones humides du pays, en plantations forestières et cultures exotiques pour répondre aux besoins immédiats du marché. Par exemple, les forêts exotiques destinées au bois de chauffe ont été transformées en forêts industrielles. Ce changement de statut est actuellement source d'accélération des pressions sur le reste des espèces indigènes.

De ce qui précède, il ressort que la prévention des invasions est plus économique et plus souhaitable pour les pays et leur environnement que les mesures de lutte. La gestion de l'écosystème hydrique du Lac Victoria est riche d'expériences dans ce domaine. En effet, avant même l'introduction de la perche du Nil et de la jacinthe d'eau dans l'écosystème, plusieurs chercheurs avaient dénoncé le projet et ses conséquences futures. À cette époque, Fryer avertissait déjà dans le *Journal d'Agriculture d'Afrique orientale* que l'introduction de la perche du Nil dans le lac Victoria telle que proposée par certains, reposait sur la méconnaissance criante de certains concepts fondamentaux de biologie. Cette introduction pourrait compromettre la survie des espèces de poissons endémiques et mettre en péril l'avenir des pêcheries industrielles du lac (Fryer, 1960). De même, plusieurs autres scientifiques avaient dénoncé dès 1983, les risques liés à l'introduction de certains auxiliaires pour la lutte biologique (Howarth, 1983). Malgré ces mises en garde, la quête d'espèces miracles des compagnies étrangères a conduit à la dégradation de cet écosystème considéré comme le plus important en eau douce et en pêche de l'Afrique et le second du monde.

Dans le domaine de la lutte biologique, il apparaît ainsi que les risques écologiques associés au contrôle restent méconnus et sont potentiellement importants, notamment à cause de changements possibles de cible (Louda *et al.*, 1997) ou de stimulations involontaires des systèmes de défense favorisant la compétition avec les espèces locales (Callaway *et al.*, 1999). La lutte contre les invasions exige beaucoup d'études et de moyens qui sont difficiles à entreprendre en Afrique. En effet, comme l'a mis en avant l'UICN (2000b), il existe présentement peu de pays qui disposent de systèmes juridiques pour faire face aux invasions biologiques. Rares seraient encore les citoyens, les secteurs clés et les gouvernements qui comprennent réellement l'ampleur et les répercussions économiques du problème. Suite à l'accroissement des échanges commerciaux entre les différents pays, le nombre de cas d'invasions biologiques ira donc en s'accroissant. Pour faire face au fléau, l'interdiction de l'importation d'une série d'espèces cibles susceptibles de produire des effets délétères sur la production agricole, l'environnement ou la santé publique, peut être envisagée (Genton, 2005), ainsi que la mise en place de réelles stratégies de biosécurité qui vont au delà d'une simple inspection douanière (Simberloff et Stiling, 1996). Celles-ci consisteraient selon ces auteurs, à l'application du principe de précaution (un produit est jugé suspect tant que son innocuité n'a pas pu être démontrée) et du principe du pollueur-payeur (le coût des dégâts occasionnés est supporté par celui qui développe l'activité commerciale), de manière à responsabiliser légalement les sociétés importatrices par rapport aux risques que leurs activités engendrent. En plus de telles dispositions, le respect des conventions sur l'environnement et la mise en application des lignes directrices de l'UICN (2000b) pour la prévention des impacts des invasions biologiques, s'avèrent indispensables. Pour lutter contre les espèces introduites, des campagnes de sensibilisation des acteurs et des populations autochtones et locales, leur implication et la valorisation des espèces indigènes et de leurs connaissances, pratiques de conservation des forêts et des mares sacrées dans les projets de restauration des bassins et des forêts doivent être des priorités pour les autorités et leurs partenaires d'aide au développement.

3.11 Conclusion

De cette étude, il apparaît que la plupart des espèces locales présentant un niveau élevé de diversité génétique, a tendance à disparaître au profit de variétés sélectionnées à base génétique réduite diffusées par les services de recherche et de vulgarisation. De plus en plus, les forêts tropicales et l'agriculture de subsistance cèdent leur place aux mono forêts exotiques invasives et aux cultures de rente des OGM. Les collections exotiques sont diverses et concernent les légumineuses alimentaires et fourragères, les cultures maraîchères, céréalières, les tubercules, les agrumes, les semences forestières de *Pinus*, d'*Eucalyptus*, de *Cassia*, de *Teck*, de *Gmelina*, etc. Ces espèces occupent les terres humides, épuisent les ressources en eau, affectent la biodiversité et les habitats, augmentent la durée de travail des femmes et des enfants chargés de l'approvisionnement en eau, du maraîchage, du bois de chauffe et de la cueillette et répandent des prédateurs et des maladies exotiques. Parmi ces maladies figurent la *cercosporiose* due à *Phaeoramularia angolensis* qui a détruit plus de la moitié de la production nationale en agrumes, la *Pyriculariose* et de l'*Helminthosporiose* au niveau des cultures céréalières et du puceron du cyprès européen, *Cinara cupressi* (Buckton) qui occasionne des pertes estimées à plusieurs millions de dollars par an en Afrique Occidentale et Orientale, en raison de l'utilisation généralisée de conifères exotiques.

La collecte des échantillons exotiques est réalisée par une équipe mixte : Institut de Recherche Agronomique /Institutions Étrangères impliquées dans la fourniture et l'échange de matériel génétiques (IITA, ICRISAT, IRRI, IPGRI, ADRAO, etc.). Le contrôle et la conservation des échantillons et des semences introduits au niveau des centres de recherche agronomique posent de nombreux problèmes à cause de la vétusté des structures et des équipements, du peu de moyens financiers et des difficultés d'adaptation au milieu naturel et aux parasites. Les tests de contrôle de qualité et de l'état sanitaire au niveau des services de la quarantaine répondent peu aux exigences, de même que les tests d'adaptation et de confirmation de leur potentialité en station et en milieu forestier et paysan. Il n'existe pas de banque de gène. Si les centres de vulgarisation des espèces et des OGM introduits bénéficient de pesticides de la part des institutions d'aide au développement pour combattre les maladies

et les ravageurs sur les parcelles d'expérimentation et de vulgarisation, ce n'est pas le cas chez les privés et les paysans qui disposent de grandes surfaces. Sur le terrain, il existe peu de mesures d'atténuation des impacts. Ceci est source d'accélération des invasions, des dérives génétiques, de la pauvreté et de l'exode rural en Afrique.

Les conséquences de la vulgarisation de ces espèces sont en général peu connues des acteurs et les maladies engendrées peu associées à leur utilisation. Au Foutah Djallon, leur culture a bouleversé le système traditionnel de multiculture qui a permis l'amélioration et la conservation des sols ferralitiques et des espèces indigènes. La substitution des forêts tropicales par des mono forêts exotiques et de l'agriculture de subsistance par l'agriculture des OGM constitue ainsi une menace pour les ressources en eau et la survie des espèces. Actuellement, leur contrôle se résume en l'absence de législation, de structures chargées de la destruction du matériel figurant sur la liste noire des espèces invasives et de surveillance des nouvelles espèces avec celles existant dans les jardins exotiques implantés par les colons. La plupart du matériel exotique utilisé dans les projets provient de ces jardins, des sociétés privées, du centre d'amélioration génétique et des essais de provenance de Dubréka financé par l'Union Européenne et du commerce que les privés et les institutions forestières et agricoles établissent avec les structures internationales de commerce. Leur introduction et utilisation sont ainsi autorisées et justifiées par leur rentabilité économique, la rapidité de leur croissance, la lutte contre la pauvreté, la stabilisation des bassins et la fourniture du bois d'œuvre et de chauffe aux populations des grandes villes pour réduire les pressions concurrentielles sur la flore indigène. Cependant, les réalités sur le terrain et le changement du statut des forêts exotiques destinées au bois de chauffe des villes, ont montré que ces objectifs masquent les enjeux. Ils sont favorisés par les intérêts économiques à court terme, la faiblesse de la gouvernance, des cadres juridiques et institutionnels et du peu de cadres compétents pour assurer la collecte et l'analyse des données nécessaires à la définition de politiques hydriques, forestières, agricoles et minières favorables au développement durable.

Pour y faire face, un des mécanismes régulateurs sur lequel on peut compter aujourd'hui consiste d'une part, à l'élaboration des cadres juridiques et institutionnels pour la

mise en place de mesures de contrôle et de lutte efficace. Ceci passe par l'attribution de certificats d'exportation et d'importation, l'inspection systématique des produits importés, des actions de mise en quarantaine et d'application rigoureuse des principes de précaution et de pollueur-payeur, de manière à responsabiliser légalement les sociétés importatrices et utilisatrices par rapport aux risques que leurs activités engendrent. D'autre part, il est nécessaire d'intervenir dans les zones colonisées afin d'éliminer ces espèces, de restaurer les bassins et forêts primaires, de respecter les conventions sur l'environnement et de sensibiliser les acteurs dans le but d'inciter les citoyens et les milieux professionnels à prendre conscience des enjeux et dangers des politiques actuel de développement. Une telle stratégie peut permettre l'acquisition des connaissances sur ces espèces et l'élaboration des programmes de lutte concertés, efficaces et durables fondés sur la participation effective des populations autochtones et locales. L'identification et la valorisation des espèces locales et de leurs connaissances et pratiques de conservation des forêts et mares sacrées dans la cogestion des bassins et des forêts entreprise par l'État et ses partenaires au développement doivent constituer à cet égard, une des priorités pour assurer le succès de la cogestion. Le prochain chapitre sera consacré à cet aspect.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS DES ENQUÊTES SUR LA COGESTION, LES CONNAISSANCES, PRATIQUES ET ESPÈCES PHYTOGÉNÉTIQUES INDIGÈNES À UTILISER POUR LA RESTAURATION DU BASSIN DU BARRAGE DE TINKISSO ET DE SA FORÊT HUMIDE SINCÉRY-OURSSA À DABOLA

Dans le chapitre précédent, il se dégage qu'en dépit de leurs impacts sur la biodiversité et la ressource en eau, les espèces exotiques invasives et les OGM sont de plus en plus utilisées et encouragées dans les aménagements des bassins versants et des forêts classées. Actuellement, l'État et ses partenaires ont entrepris leur cogestion avec les populations pour réduire l'érosion des sols et l'envasement des cours d'eau. Parmi les sites ciblés, figurent le bassin du barrage de Tinkisso et sa forêt humide Sincéry-Ourssa. Peu d'études ont été menées sur les enjeux de cette cogestion et sur les espèces indigènes afin de connaître l'importance des diverses utilisations qu'en font les populations, leur potentiel et importance économique et culturelle sur la vie des ruraux, leur rôle dans l'économie nationale et les possibilités de leur introduction et valorisation dans la restauration des bassins et des forêts à la place des espèces exotiques. De même, les connaissances écologiques des populations autochtones et leurs méthodes de conservation de leurs forêts et mares sacrées qui ont façonné leur identité et cultures ont de tout temps été marginalisées au niveau des projets. Ce chapitre présente les résultats des enquêtes réalisées auprès des populations du site pour identifier les enjeux de la cogestion, les pressions sur la biodiversité, les connaissances, pratiques et méthodes autochtones de conservation à utiliser et à valoriser pour améliorer la ressource en eau et sa qualité. Il vise à démontrer que, contrairement aux espèces exotiques et pratiques actuelles, l'utilisation et la valorisation des connaissances, pratiques et espèces indigènes dans la restauration des bassins permettent la protection des deux diversités biologique et culturelle, la fixation du bétail, la décontamination des points d'eau, la lutte contre les maladies générées par les projets et la production de coagulants, d'adsorbants et de désinfectants naturels efficaces, économiques et compatibles avec les cultures locales et l'environnement.

4.1 Introduction

Pendant longtemps, la science et la technologie ont influencé les diverses approches de gestion des ressources naturelles pour apporter des solutions aux problèmes auxquels le monde est confronté. Ces deux moteurs de progrès ont tellement accéléré le développement illimité, que cette nature aux ressources limitées se dégrade de manière inquiétante en affectant la survie des espèces. Les barrières créées entre la modernité et les traditions ont favorisé en partie cette situation. À l'ouverture de la journée mondiale sur *l'eau et la culture* en 2006, le secrétaire général de l'UNESCO a souligné à cet effet, qu'il est de plus en plus admis que la problématique scientifique et technique n'est qu'une partie du tableau de solutions aux problèmes des ressources en eau. D'autres questions devraient être aussi considérées. Par exemple, comment coopérer dans les meilleures conditions pour assurer la durabilité? Associons-nous toutes les parties concernées à nos efforts? Sommes-nous vraiment tolérants vis-à-vis du point de vue des autres? Jusqu'à quel point sommes-nous ouverts à d'autres approches? Ces interrogations ancrées dans ce qui constitue la trame culturelle et sociale de la vie sont aussi à considérer dans la conservation des ressources hydriques et forestières. En effet, tous les aspects de l'existence humaine sont liés à cette source vitale et aux forêts. Pour leur utilisation et préservation, chaque société a pu se doter de structures, de règles et de pratiques fondées sur sa propre conception du monde.

Selon le deuxième rapport mondial des Nations Unies de 2006 relatif à la mise en valeur des ressources en eau, 1,1 milliard de personnes sont privées d'eau potable et 2,6 milliards n'ont pas accès à des services d'assainissement de base et des événements extrêmes liés à l'eau (inondations, sécheresse, pollutions, maladies, etc.) tuent plus de personnes que toute autre catastrophe naturelle. De plus, la déperdition écologique que nous vivons à l'échelle planétaire a exacerbé une préoccupation, non seulement pour les espèces, les écosystèmes et les langues en voie de disparition, mais aussi pour les savoirs en voie d'extinction (Wyndham, 2002). L'article 12.14 de la déclaration universelle de l'UNESCO de 2001 sur la diversité culturelle, rappelle que l'un des principaux engagements pris par les États était de respecter et de protéger les savoirs traditionnels, de reconnaître leur apport en

matière de conservation et de favoriser des synergies entre sciences modernes et savoirs locaux. Pour assurer le succès de la cogestion des ressources naturelles avec les populations et lutter contre les invasions biologiques, le respect des conventions sur l'environnement par les États demeure une nécessité.

Face aux changements climatiques et aux impacts des pressions humaines et des invasions, la stabilisation des principaux bassins versants et des forêts tropicales à travers la responsabilisation des parties prenantes pour le maintien d'une couverture végétale indigène durable qui répond aux besoins des populations en alimentation, santé, fourrage, spiritualité, décontamination des points d'eau et production de coagulants, adsorbants et désinfectants naturels des eaux, demeure essentielle. C'est pourquoi il est donc question dans ce chapitre, d'identifier les enjeux, les espèces, connaissances, pratiques et méthodes indigènes de conservation à utiliser, à valoriser et à intégrer dans le processus de cogestion des bassins et des forêts classées du pays, de manière à relier quatre des principaux indicateurs de la pauvreté : l'environnement, la santé, l'eau et le développement.

4.2 Participation des populations dans la cogestion des bassins et des forêts classées

4.2.1 Enjeux et perceptions de la cogestion

Depuis les années 1980, la Guinée bénéficie de projets d'aménagement de ses bassins et forêts classées. L'USAID/Guinée finance actuellement les activités de leur cogestion avec les populations sous l'égide du Projet de Gestion des Ressources Naturelles (642-0219) et du Projet Élargi de Gestion des Ressources Naturelles (PEGRN) avec une cible de 100 000 ha de forêts qui inclut la forêt classée humide de Sincéry-Ourssa qui alimente le barrage hydroélectrique de Tinkisso (figure 2.5). Les intentions du PEGRN ont trait au développement d'un modèle général de cogestion pour son application au-delà des 100 000 ha d'indicateur de performance. Toutefois, selon le constat sur le terrain, le succès de l'approche mérite une étude systémique, un renforcement de la gouvernance, des cadres juridiques et institutionnels et des politiques de développement actuelles pour lui donner un

caractère d'approche écosystémique de cogestion de la ressource en eau au niveau bassin. En effet, l'application de politiques héritées de la colonisation ou calquées des législations modernes s'est longtemps traduite par la dévalorisation des connaissances, pratiques et espèces indigènes. Cette rupture avec les traditions et le peu de moyens matériels et humains dont disposent l'État pour appliquer ses politiques souvent répressives, ont conduit à l'échec de la plupart des projets.

Or, l'histoire montre que grâce à leurs croyances, pratiques et vie symbiotique avec la nature, les sociétés traditionnelles ont beaucoup contribué à la conservation des ressources hydriques et forestières en Afrique de l'Ouest. L'existence de forêts et de mares sacrées souvent originelles dans les différents pays qui ont partagé les mêmes cultures en témoigne. Il est actuellement nécessaire d'examiner l'ensemble des éléments naturels et culturels susceptibles d'agir sur l'existence et le comportement des acteurs pour bâtir des approches et des politiques en faveur d'une utilisation durable des écosystèmes hydriques et forestiers qui touchent tous les aspects de l'existence humaine. Leur gestion multisectorielle qui marginalise le social, le culturel et l'environnement, contribue peu à leur conservation avec les diversités biologique et culturelle. Cet aspect est bien matérialisé par la vente accélérée des terres des populations autochtones et locales sans leur consentement, l'utilisation des espèces exotiques et des OGM et la livraison incontrôlée de permis de coupe et de concessions minières. Ces activités sont présentement sources de conflits et bouleversent les régimes d'écoulement, le système foncier, les structures traditionnelles et les terroirs villageois. La négligence des conséquences a modifié les rapports sociaux et les milieux physiques, en provoquant la prolifération de maladies, l'érosion des sols et l'utilisation abusive des intrants chimiques qui affectent la santé humaine et des écosystèmes.

Selon les observations et les perceptions des populations sur le terrain, la mise en œuvre par l'État et ses partenaires d'une cogestion des bassins et des forêts classées provient de cette déperdition écologique et environnementale et du rôle joué par les structures traditionnelles dans le passé pour leur restauration. Actuellement, bien qu'il y ait eu un certain nombre de révisions des textes légaux, des directives de politiques et de déclarations,

les termes, les conditions et les procédures à appliquer n'ont pas été clarifiés. Les destinataires des politiques n'ont pas été associés de manière responsable. Des enquêtes réalisées auprès des populations et des comités de forêts dans le site ont montré que 82% des 96 personnes enquêtées, considèrent que les principales entraves à la participation résident dans leur manque de confiance aux institutions tant nationales que d'aide au développement. Le profit, la corruption, le peu de répartition des responsabilités et des bénéfices générés par les projets et l'utilisation de la participation comme moyen pour obtenir des fonds et réduire leur coût seraient les principales causes. Elles auraient contribué à la division des populations en des gagnants et des perdants et à l'affaiblissement de l'autorité des structures traditionnelles dans la conservation. Les projets ne profiteraient qu'aux riches, aux compagnies, aux privés et aux responsables locaux considérés comme le prolongement de l'administration centrale. Avec un droit exclusif d'acheter et de confisquer les produits des différents groupes d'utilisateurs des ressources, les comités de forêts, les préfets, les militaires, les douaniers et les policiers auraient réussi à transformer ces derniers et les communautés locales en des simples travailleurs à leur service. Ces informations ont été en accord avec les observations sur le terrain. De plus, les 76% des participants se plaignent de la dégradation continue de leurs conditions de vie. Celle-ci serait liée d'une part, à la marginalisation du social, de l'environnement et des cultures locales, à la rigidité de la cogestion qui leur est imposée sans la reconnaissance des droits des populations autochtones et locales sur leurs terroirs et d'autre part, au caractère bureaucratique et marchand des comités des forêts et à l'éloignement des mono forêts exotiques de leurs cultures et besoins avec la faune.

Ces faits seraient à la base de nombreux cas de déficits, de détournement, de désagrégation des structures d'interface, du retour à des pratiques d'extraction peu durables des ressources et à la perte des écosystèmes hydriques et forestiers du pays. La bonne gouvernance serait un enjeu majeur pour réussir la cogestion. Les régimes centralisateurs du Parti-État et militaire issus des révolutions socialistes qui ont caractérisé le pays depuis son indépendance en 1958 justifieraient selon les participants, la situation politique actuelle dominée par le peu de démocratie, de décentralisation et de justice sociale. Abordant le rôle des institutions d'aide au développement, 95% des participants ont mis en cause les réformes

imposées aux États africains par la Banque Mondiale et le Fond Monétaire International. Celles-ci auraient accentué la pauvreté, l'exploitation incontrôlée des ressources naturelles, la corruption, les révoltes actuelles et le soutien de la dictature. Ainsi, pour résumer les diverses interventions, un sage notera que : *Si les institutions internationales veulent vraiment nous aider, le concept de lutte contre la pauvreté en Afrique devrait être substitué par celui de lutte contre l'appauvrissement de l'Afrique et le soutien des dictatures*. Pour ces participants, seule la prise en compte de leurs préoccupations, besoins et cultures et leur responsabilisation et partage des bénéfices des projets de développement dans leurs localités pourrait aider à surmonter les crises sociales et environnementales actuelles.

4.2.2 Dangers de l'extension précipitée de la cogestion dans les zones humides sous contrôle autochtone.

Dans Ramsar (2002), la résolution VIII 19 relative aux principes directeurs pour la prise en compte des valeurs culturelles des zones humides dans la gestion efficace des sites, il a été reconnu que les liens ancestraux et intimes qui lient les sociétés traditionnelles aux zones humides et à l'eau ont engendré des valeurs culturelles applicables à la conservation et à l'utilisation durable de ces écosystèmes. Leurs caractéristiques physiques ont contribué à des façons particulières à leur conservation avec des structures sociales, des procédés et des techniques riches en enseignements et d'une grande importance culturelle et environnementale. Ces valeurs font partie intégrante de l'identité de ces sociétés et leur perte pourrait être source d'aliénation et de disparition de tout un héritage culturel et de plusieurs de leurs écosystèmes parfois originels. C'est le cas des forêts, mares et sites sacrés encore présents dans le site Ramsar de Tinkisso et dans les autres régions du pays. Malgré leur rôle dans la protection des diversités biologique et culturelle, ces sites ont tendance à disparaître à cause de la privatisation des terres des autochtones et de l'interdiction de leurs pratiques de conservation depuis la colonisation.

L'introduction précipitée de programmes d'aménagement dans le reste de ces zones sous contrôle autochtone sous prétexte de mettre en œuvre une cogestion sans études

participatives et pluridisciplinaires, peut avoir des conséquences sur l'environnement, les conditions socioéconomiques des populations et leurs structures déjà fragilisées. Ces sites sacrés et les aspects socioculturels sont en effet peu intégrés dans les études réalisées par les experts sur lesquels l'État s'appuie pour améliorer la situation. En se référant dans ce contexte, à l'étude d'impact environnemental programmatique (EIEP) de la cogestion des forêts classées de la Guinée réalisée par Catterson *et al.* (2001), il apparaît que l'équipe après avoir visité la forêt humide de Bakoun du bassin versant du Diaforé, a considéré l'écosystème jusque là intact, comme un endroit intéressant à protéger. Quant à sa *zone hantée*, richesse en eau et en biodiversité, l'équipe a noté que : *Les populations locales n'ont pas pu expliquer pourquoi la zone est hantée, bien qu'elle en l'ait été pour des générations, possiblement quelque chose qui a été imposé par les doyens des villages il y a des années pour protéger les sources d'eau vitales.* De telles intrusions inquiètent les communautés dont les terres et les pratiques de conservation sont de plus en plus menacées. Selon les sages, ce langage du sacré constituerait un moyen efficace de dissuasion. La méconnaissance et la marginalisation des aspects culturels et la prédominance des aspects techniques et économiques seraient une des causes de la détérioration des écosystèmes de terroirs villageois.

Parlant de cette situation, un autre sage autochtone membre du clergé des mares et des forêts sacrées du site de Tinkisso a souligné que : *Il faut des sociétés sauvages pour protéger la nature sauvage de la modernité qui a transformé nos paysages. La rupture du lien sacré entre ces deux mondes par le monde moderne, est la cause de la dégradation de notre vie et de notre environnement. Plus l'Homme respecte la nature, plus celle-ci devient généreuse.* En l'absence d'études participatives et pluridisciplinaires qui impliquent les savants locaux, la cogestion peut ainsi affecter le reste de ces écosystèmes, le style de vie des sociétés traditionnelles, la biodiversité, les langues, les cultures et les traditions. Le programme actuel de cogestion, devrait ainsi tenir compte des valeurs, des croyances et des capacités locales de conservation des ressources en complément avec la gestion moderne. Selon le sage, les termes : *zone hantée, taboue, sacralisée, interdite, à haut risque, de culte*, etc., ainsi que les contes, les mythes et les légendes seraient riches en enseignements et traduiraient les liens de leur société avec la nature.

Par ailleurs, pour le sage, les effets psychologiques que produisent ces éléments culturels au niveau des individus, affecteraient leur manière d'agir vis-à-vis des écosystèmes plus que les lois imposées par la modernité. Cette force prendrait ses racines dans la tradition, l'histoire, les croyances et la sagesse populaire qui les lient à la nature, aux Esprits vengeurs et aux ancêtres fondateurs des sites sacrés. Pour matérialiser ses idées, il a appelé l'histoire d'un marécage dans un village africain. Selon la légende, ce marécage serait issu d'une cérémonie ancestrale de reboisement après laquelle l'eau a commencé à jaillir du sol. Peu après la formation du marécage, des femmes auraient alors fait des sillons pour y planter des tubercules. Par la suite, un lion est venu pour s'y étirer. Ce fait fut alors interprété comme un signe divin par les anciens qui interdirent les activités humaines dans la zone. Depuis cette période, le marécage fut considéré comme un site sacré et fut protégé avec sa faune et sa flore au bénéfice du village. Lorsque le milieu fut perturbé, ce fait fut aussi interprété comme un signe du monde spirituel. Les habitants utilisèrent alors les mêmes pratiques ancestrales pour le restaurer. Cet exemple témoigne l'importance des croyances dans la conservation. La protection de l'environnement est ainsi indissociable de la dimension culturelle, des racines, de la psychologie, des stratégies et des expériences des acteurs.

4.3 État de la biodiversité, des connaissances et pratiques traditionnelles au niveau du bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide Sincéry Ourssa

Selon le constat sur le terrain, le bassin du barrage de Tinkisso, sa forêt et sa biodiversité sont actuellement menacés par les pressions humaines et la désacralisation des écosystèmes sous contrôle autochtone. Depuis 1984, les opérations de dragage du barrage n'ont pas encore permis son fonctionnement normal pour répondre aux besoins en énergie et en eau des populations. En l'absence de restauration du bassin avec des espèces locales qui répondent à leurs besoins et préoccupations et leur responsabilisation dans la lutte contre les feux de brousse, le braconnage et l'utilisation d'espèces exotiques invasives, de telles activités et la réalisation de centrales thermiques et de forages seraient pour les participants loin de constituer des solutions viables et économiques à cause du manque de carburant et de pièces de rechange. Ces données montrent que la relation entre ressources en eau de surface

et souterraines et l'impact de la déforestation sont mal perçus par les autorités. En effet, plus le couvert végétal est détruit, plus l'envasement des cours d'eau et la diminution du niveau des nappes phréatiques augmentent. En outre, 85% des 60 personnes rencontrées apprécient l'eau de surface plus que l'eau souterraine. L'eau de certains forages et puits de la Haute Guinée contiendrait une odeur « d'œuf pourri ». De plus, la mort de poissons dans certains cours d'eau des sites aurifères du bassin de Tinkisso a été signalée par les orpailleurs. Cette présence de sulfure dans les sites aurifères en exploitation pourrait être source de dissolution des métaux lourds des roches et de contamination des nappes phréatiques et des cours d'eau par infiltration et ruissellement. Des études approfondies sont ainsi nécessaires pour évaluer les impacts des activités minières et prendre des mesures d'atténuation.

4.3.1 Importance socioéconomique, culturelle et environnementale du peuplement de rôniers et des forêts et mares sacrées du site de Tinkisso.

En aval du barrage s'étend une plaine avec des mares sacrées et des reliques de rôniers (*Borassus aëthiopum*) qui n'existent que dans ce bassin. D'après les 39 autochtones rencontrés, ces rôniers ont une grande importance socioculturelle et sont actuellement menacés par les commerçants de vin de rônier. Les usages mentionnés sont très divers. En plus du vin préparé à partir de la sève, son bois résistant est utilisé en construction, ses longues feuilles comme attache des clôtures et des cases et dans la production artisanale : récipients d'emballage, nattes, chapeaux, fibres sous forme d'éponge, masques pour diriger des cérémonies religieuses et les fruits dans les danses traditionnelles. Pour préserver le peuplement, les autochtones ont précisé que lors de l'extraction de la sève, seuls les pieds ayant au moins deux renflements pour la régénération sont récoltés. De plus, ils ont soutenu que la perte de l'autorité des structures traditionnelles dans la conservation et la violation des règles de récolte par les commerçants de vin qui procèdent à la coupe et à l'ablation du bourgeon terminal, menacent actuellement le peuplement de disparition. Pour sa restauration, 97% des personnes interrogées seraient favorables en cas de restitution du droit foncier aux structures traditionnelles villageoises. Contrairement à la forêt humide du site, la cogestion du peuplement et des mares sacrées avec les structures étatiques n'est pas appréciée par les

autochtones animistes. Pour les membres du clergé des forêts et mares sacrées, leur cogestion en Haute Guinée aurait contribué à la perte de leur biodiversité originelle et de leur pouvoir de conservation. Suite à leur désacralisation, plusieurs seraient transformées en stations piscicoles et rizicoles par les sociétés privées.

Actuellement, les mares sacrées du site connaissent un envasement à cause de l'érosion des sols et des fortes crues pendant la saison pluvieuse. Deux de ces mares (Dala oulén et Dala Koundjan) sont encore sous contrôle autochtone et sont gérées avec leurs galeries forestières par un clergé composé des personnes les plus âgées des familles autochtones qui organise les fêtes annuelles de pêche des mares sacrées. Celles-ci seraient accompagnées de danses folkloriques, de rituels, de maquillage avec des argiles et de branchages d'arbres sacrés. Dans la sous région, ces fêtes seraient toujours précédées de sacrifices d'animaux, de kola, de beignets et parfois de repas sous les arbres sacrés des galeries du biotope, ou dans le *dankun*, c'est-à-dire l'aire sacrée du triangle limité par des murs de pierres et placé à l'entrée des grottes des sites. C'est dans ces *dankuns* que seraient célébrés les grands événements des confréries traditionnelles de l'Afrique de l'Ouest. Ces sacrifices révélés par les divins seraient effectués par le clergé au niveau des autels ou sous les arbres sacrés, où l'animal est immolé par la personne la plus âgée des membres. Pour les autochtones, ces sacrifices consisteraient à solliciter la permission auprès des Esprits vengeurs de la nature pour l'activité communautaire de pêche dont la durée est souvent limitée. En effet, ce n'est pas la quantité pêchée qui importe. Les produits de pêche auraient une signification symbolique de cohésion entre ethnies, clans, caste et profession et apporterait du bonheur à l'ensemble des communautés après les rites. Selon les cinq représentants du clergé, les membres des confréries ont de tout temps été les défenseurs de leurs communautés et des écosystèmes de leurs terroirs et les garants de la tradition dans la sous région. Ils posséderaient des pouvoirs mystiques et magiques qui leur ont permis de sacraliser leurs écosystèmes et de punir les irrévérencieux, grâce à leurs techniques d'envoûtement et de désenvoûtement. Ceci expliquerait la survivance et le caractère originel de leurs forêts et mares sacralisées dans toute l'Afrique de l'Ouest.

Leur formation pluridisciplinaire aurait connu un déclin depuis son interdiction par les colons. Cette situation aurait été plus marquée en Basse Guinée et en Guinée Forestière où les autochtones persécutés auraient immigré dans les pays voisins : Guinée Bissau, Côte d'Ivoire, Libéria et la Sierra Léone pour pratiquer leur culte. Selon le clergé, les pêcheurs Somo issus des confréries assureraient encore le respect de la législation traditionnelle dans plusieurs sites de la Haute Guinée et de la sous région. Grâce à leurs connaissances en écologie, ils fixent les périodes propices pour les pêches collectives, définissent les moyens de pêche à utiliser : barrages, filets, lignes, nasse, etc. et précisent les moyens prohibés : plantes ichtyotoxiques, explosif, et autres techniques modernes. Plusieurs mythes entoureraient l'exploitation des écosystèmes encore sous leur contrôle. Il s'agit par exemple des mares sacrées de Baro, Béréte, Cisséla, Gnèmin, Tèinfada, Komola, etc., dans la préfecture de Kouroussa. Pour eux, si un chasseur imprudent entrait dans ces écosystèmes sacralisés et tuait un animal, il n'en sortirait plus à cause de la maîtrise par les savants locaux de l'énergie vitale (Nyama en mandingue) au niveau des autels. En outre, la mare de Baro serait habitée par un génie qui viendrait au secours des éprouvés dès que ceux-ci demandent sa grâce en y entrant. Lors des grandes fêtes annuelles de ces mares, les natifs, les ressortissants et les étrangers y viendraient pour solliciter une guérison, une progéniture ou du bonheur. Si le vœu est exaucé, l'intéressé envoie alors un cadeau qu'il remet non pas à la famille des Camara propriétaires de la mare, mais à la famille des Condé chargée de la protection de la mare. Sa transformation actuelle en station de pisciculture et de riziculture est contraire aux objectifs du développement durable.

Par ailleurs, le clergé a rappelé qu'en Haute Guinée, chacun sait pourquoi le lamantin qui vit dans les eaux du fleuve Niger et de ses affluents a des seins semblables à ceux des femmes. Selon la légende répandue, une femme qui était en train de se baigner au bord du fleuve, aurait vu par surprise arriver son gendre. N'ayant pas eu le temps de cacher sa nudité avec son *lefa*, elle se serait alors jetée à l'eau. De honte, elle se serait transformée en lamantin en n'osant jamais revenir sur terre. À noter que dans ces sociétés traditionnelles, les femmes ont de la pudeur avec les hommes en particulier avec leurs gendres. La forme circulaire de la queue de l'animal rappellerait celle du *lefa* (couverture de vannerie) que tenait la femme pour

couvrir sa jarre d'eau. Pour cette raison, les pêcheurs Somo du fleuve Niger et de Tinkisso, membres des confréries traditionnelles, ne tuent jamais le lamantin assimilé à un descendant humain. Cette croyance était garante de la protection de cette espèce qui aurait presque disparue dans le Tinkisso, le Niger et ses autres affluents à cause de la pêche moderne. L'espèce n'existerait que dans les écosystèmes sacralisés. De même, plusieurs espèces animales et végétales bénéficieraient de cette vénération. C'est le cas par exemple des familles Bangoura, Keïta, Kalivogui, Camara et Koulibaly qui auraient pour totems respectifs, les espèces animales suivantes : la panthère, le lion, le serpent, le moineau et le lapin qui tombent sous leur protection.

C'est à cause de la violation de ces croyances et règles ancestrales que les savants locaux rencontrés (clergé) ont désigné l'Homme comme étant l'unique responsable des catastrophes naturelles, en particulier lorsque les crues des fleuves et la sécheresse entraînent la désolation ou que les ressources halieutiques s'épuisent dans certains plans d'eau jadis riches et protégés. La rupture avec les pratiques ancestrales aurait contribué à la sacralisation du peu d'écosystèmes encore sous leur contrôle. Dans le cas des mares, il apparaît que c'est l'ensemble de l'écosystème qui est sacralisé. Ils considèrent que les génies vivraient dans les bois auprès des ressources en eau et dans l'eau et y veilleraient de nuit comme de jour. Pour un membre du clergé qui se fonde sur les saintes écritures : *Le monde sera détruit comme au temps de Noé par l'eau et les génies des écosystèmes, à cause du manque de respect de l'Homme pour la nature*. Comprendre cette culture, renvoie ainsi à une approche multiple et globale de la dimension environnementale des écosystèmes hydriques et forestiers. Sa valorisation dans le respect de la différence et des racines des communautés s'avère indispensable pour ancrer la cogestion dans la culture.

4.3.2 Faune et flore du site

En tant que partie intégrante du site Ramsar de Tinkisso, la zone humide est riche en faune et en flore. Toutefois, sa biodiversité est soumise à de fortes pressions. Selon les six chasseurs natifs rencontrés, la présence de groupes de chasseurs venus d'autres régions

menacerait plusieurs espèces d'extinction. Leur spécialité serait la vente de chair d'animaux non consommés dans le site pour des croyances religieuses. Il s'agirait principalement de singes rouges, blancs et noirs, de phacochères, de cynocéphales, de chacals, de vautours, de panthères, de chimpanzés, de lions et autres. La viande séchée serait acheminée pour la vente en Guinée Forestière où ces espèces auraient disparu à cause des différences religieuses et culturelles. En outre, les réfugiés des guerres de la Serra Leone et du Libéria, consommateurs des primates et des cochons sauvages, seraient aussi impliqués dans les activités. Ce constat a été corroboré par les observations lors des déplacements dans le site. Ces fortes pressions proviendraient en partie de l'effondrement des confréries, dont le rôle était de veiller sur les ressources des terroirs villageois et sur les feux de brousse. Selon les participants, dans le passé, elles étaient assistées de brigades villageoises de jeunes qui veillaient et luttaient contre les incendies et ceux qui les pratiquaient.

Par ailleurs, à cause de leurs connaissances des écosystèmes et de leur biodiversité, les membres des confréries des chasseurs sont encore considérés comme les maîtres de la brousse dans toute la sous région. Leurs pouvoirs mystiques et magiques se matérialiseraient à travers les multiples objets qui ornent leurs habits de chasse. Ces objets auraient plusieurs fonctions : exorciser les sorts, endiguer les maladies, rendre invulnérable, invisible, chanceux et beaucoup d'autres fonctions. Certains seraient chargés d'énergie vitale pour assurer leur protection contre le monde sauvage et punir les irrévérencieux. Le chasse-mouche qu'ils portent et qui représente la queue du buffle, décrirait à lui seul, toute l'épopée du Mandingue (pays de l'Afrique de l'Ouest) comme montré à la figure 4.1. En outre, dans ces sociétés, la résolution des conflits est régie par l'arbre à palabre, les alliances de sang, de plaisanterie, de lait et de mariage entre ethnies, clans, castes et professions. Pour ces raisons, les chefs de culte sont encore très respectés et influents quant aux prises de décision dans leurs milieux. Plusieurs colloques auraient été organisés à leur intention au Mali en 2001 et 2005. Mais, en dépit des efforts fournis par les organisateurs, la réhabilitation des sites sacrés et des confréries par les États, aurait connu peu de succès. Comme principaux facteurs destructeurs de la flore, ils ont cité les feux de brousse, les charbonniers, les scieurs, les trafiquants de bois d'œuvre, l'exploitation minière et l'élevage itinérants. Les feux seraient plus dévastateurs et

seraient provoqués par les éleveurs, les récolteurs de miel, les charbonniers et les chasseurs allochtones qui les utilisent pour faire fuir les animaux vers des zones de capture.



Figure 4.1 Festival des confréries des chasseurs traditionnels de l'Afrique de l'Ouest à Bamako en 2005.

Pour ces participants aux enquêtes, la réhabilitation et la responsabilisation des confréries et la création de brigades de surveillance de terroirs villageois comme par le passé seraient nécessaires à la cogestion des terroirs villageois. La protection de l'environnement nécessite ainsi une vision d'ensemble, la participation de tous les acteurs et la valorisation des connaissances et pratiques qui favorisent la conservation et la cohésion sociale.

4.3.3 Impacts de l'élevage et de l'agriculture itinérants sur les ressources du bassin

L'élevage joue un rôle important dans les sociétés africaines. C'est une activité de prestige où la quantité prime sur la qualité. Actuellement, le peu de valorisation des connaissances traditionnelles pour la fixation du bétail affecte considérablement les sols et le

couvert végétal du bassin. Une rencontre avec 18 éleveurs du site a permis de constater qu'ils possèdent comme les chasseurs traditionnels des connaissances approfondies sur la biodiversité, les espèces floristiques adaptées à chaque animale, les pressions sur les ressources, ainsi qu'en phytothérapie et argilothérapie. Cet élevage et l'agriculture itinérants affectent le site et le fonctionnement du barrage comme indiqué à la figure 4.2.



Figure 4.2 Élevage itinérant et impacts sur les ressources des bassins versants.

Les conflits entre éleveurs et agriculteurs seraient fréquents. Le vol du bétail dans les galeries constituerait une préoccupation pour les éleveurs. Leur souhait serait de trouver des moyens pour le fixer dans des parcs traditionnels appelés *Wouro*. Pour cela, la valorisation des résidus des récoltes, des plantes fourragères et des fêtes aux argiles ou Touppè (boues d'argile salées avec des plantes médicinales) pratiquées au Foutah Djallon pour alimenter et déparasiter le cheptel, a été évoquée comme un des moyens de fixation du bétail. Ces pratiques contribueraient à la diminution de la mortalité, à l'accroissement du poids et en lait, ainsi qu'à l'échange de connaissances entre éleveurs.

Parmi les plantes fourragères et médicinales mentionnées, figurent : *Daniellia oliveri*, *Uvaria chamae*, *Moringa oleifera*, *Dichrostachys glomerata*, *Terminalia glaucescens*, *Anogeissus leiocarpus* (DC.), *Spondias monbin*, *Samanea saman*, *Sterculia tragacantha*, *Rauvolfia vomitoria*, *Pterocarpus (santalinoides et erinaceus)* *Aframomum sulcatum*, *Newbouldia laevis*, *Vitex doniana*, *Vernonia colorata* (Willd.), *Bafodeya benna*, *Jatropha curcas* L., *Khaya senegalensi*, etc. Cette dernière serait utilisée contre les parasites internes et

la trypanosomiase qui provoque la maladie du sommeil dans la région aussi bien chez l'humain que chez l'animal. Pour réduire les conflits, le vol et les impacts du bétail sur les ressources du bassin, 83% des participants considèrent qu'avec la délimitation d'une zone de pâture et une assistance aux éleveurs, la fixation du bétail serait bien possible. Cependant, ils ont mis en doute la volonté de l'État et de ses partenaires pour œuvrer dans cette direction.

4.3.4 Plantes alimentaires et reboisement

Les ressources forestières sont d'une grande importance pour les populations en particulier pour les femmes et les enfants. Les familles dépendent en grande partie des produits forestiers : fruits, noix, racines, tubercules, feuilles, sève, fourrages, teinture, bois, etc. En dépit de leur importance pour les communautés, les cinq membres des comités de forêts ayant participé aux débats ont soutenu qu'il n'existerait pas encore de politique forestière relative à la valorisation des espèces ligneuses alimentaires dans les projets. Peu d'études seraient menées par la direction nationale des eaux et des forêts pour leur identification et valorisation à travers la prise en compte des aspects nutritionnels des forêts tropicales. Selon les 30 femmes organisées en association de tontine, il existerait dans le site de nombreuses espèces alimentaires menacées par les feux de brousses et les pressions humaines. Pour matérialiser leurs connaissances sur ces espèces, elles ont donné comme exemple de variétés à valoriser dans les programmes de reboisement, le karité (*Vitellaria paradoxa*) et le néré (*Parkia biglobosa*) qu'elles utilisent largement en agroforesterie. Les fruits de *Vitellaria paradoxa* serviraient à produire le beurre de karité. C'est la principale source lipidique du pays et de la sous région. Les fruits et le beurre seraient exportés et ce marché serait leur source de revenu. Contrairement à la Guinée, sa culture aurait connu un grand succès au Mali et au Burkina Faso où la fête annuelle du Karité est célébrée.

La préparation du beurre est artisanale et consiste à débarrasser l'amande de sa pulpe comestible et à la réduire en pâte par pilonnage. La masse obtenue est jetée dans l'eau bouillante et la graisse est recueillie après refroidissement. Celle-ci est utilisée dans la préparation des sauces, des grillades et en médecine traditionnelle (massage, rhume,

rhumatisme, inflammation, bronchite, etc.). Quant au néré (*Parkia biglobosa*), la pulpe constitue une source importante d'alimentation. Les graines fermentées sont transformées et utilisées pour l'assaisonnement des sauces (le soumbala) et toutes les parties de la plante seraient utilisées en médecine traditionnelle. Concernant les menaces qui pèsent sur ces espèces, 100% des femmes ont soutenu que plusieurs deviennent de plus en plus rares à cause du peu d'intérêt qui leur est accordé dans des projets communautaires et de restauration.

En plus de ce facteur, elles soutiennent que le peuplement de karité serait victime des feux de brousse au moment de la floraison et du ramassage des noix. Les vieux peuplements seraient parasités par *Tapinanthus sp* et peu de mesures seraient prises par les autorités pour les aider à les protéger. Les semences de karité ne se conserveraient pas longtemps aux risques de perdre leur pouvoir germinatif. Ceci constituerait pour elles, un handicap et un obstacle à la conservation des peuplements naturels. Quant aux graines de néré, leur germination serait encore difficile à cause de leur attaque par les insectes. Pour ces femmes, parmi les espèces alimentaires et génératrices de revenu, figurent : *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Moringa oleifera*, *Pterocarpus santalinoides*, *Sterculia setigera*, *Borassus aethiopum*, *Parinari curatellifolia*, *Piliostigma thonningii*, *Detarium senegalense*, *Parinari excelsa*, *Anacardium occidentale*, *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica*, *Terminalia cattapa*, *Annona senegalensis*, *Bridelia (ferruginea et micrantha)*, *Cajanus cajan*, *Albizia zygia*, *Alchornea cordifolia*, *Ceiba pentandra*, *Artocarpus altilis*, etc. La raréfaction de ces espèces menacerait leur sécurité alimentaire et leurs revenus. Leurs souhaits seraient de bénéficier de l'aide de l'État et des ONG pour entretenir collectivement leurs propres plantations et posséder des techniques modernes de transformation communautaires des produits forestiers comme le beurre de karité.

4.3.5 Espèces exotiques et ligneuses utilisées comme bois d'œuvre

Selon les 16 exploitants de bois d'œuvre rencontrés dans le site, parmi les espèces indigènes les plus recherchées figurent : *Azelia africana*, *Isobertinia doka*, *Uapaca sp.*, *Khaya senegalensis*, *Danielia oliveri*, *Pterocarpus erinaceus*, *Sigysium guineensis*, etc.

Certaines comme *Azizelia africana* appréciée en menuiserie serait menacées d'extinction. En outre, selon les agents forestiers, les espèces exotiques suivantes ont été introduites dans le site. Il s'agit de : *Cassia siamea*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Acacia spp.* et *Gossypium*. Ceci a été confirmé par les observations dans le site. Par ailleurs, ces exploitants ont reconnu n'avoir jamais participé à des programmes de reboisement.

4.4 Médecine traditionnelle et environnementale.

La flore indigène constitue une source de diversification des systèmes agraires, de protection des sols, des habitats et des eaux, d'amélioration du revenu et de la santé des familles. En mettant à profit les connaissances des guérisseurs traditionnels dans ce domaine, il est possible de relier l'environnement, la santé, l'eau et le développement. Toutefois, la pratique de la médecine traditionnelle est un domaine complexe. Dans la recherche des moyens de guérison, les solutions thérapeutiques n'appartiennent pas seulement aux guérisseurs. Pour la majorité de la population, un corps malade est souvent associé aux forces surnaturelles qui ne pourraient être écartées par des simples méthodes allopathiques. Les pratiques ancestrales mêlent divination, exorcisme et prescription à base de produits naturels : parties de plantes, d'animaux et d'argile. La plupart des étiologies et des pratiques thérapeutiques fondées sur l'expérience, l'observation et la révélation, comportent des secrets qui rendent souvent difficile leur compréhension et valorisation. Cet aspect développe encore des attitudes de méfiance tant du côté des ethnologues, des scientifiques et des médecins que du côté des tradipraticiens dont les connaissances sont actuellement exploitées par les multinationales pharmaceutiques. Cependant, il est utile de découvrir à travers ces méthodes, des alternatives de conservation et de soins où la combinaison de forces spirituelles et de produits naturels permet souvent d'obtenir des résultats surprenants.

Si le manque de langage et de logique clairs pour décrire ces diverses croyances et pratiques constitue un obstacle, il est toutefois surmontable grâce à des études pluridisciplinaires qui impliquent les savants locaux pour aider à l'avancement des connaissances écologiques et environnementales. Les enquêtes ont révélé dans ce domaine,

l'existence d'une riche littérature dans les différentes langues nationales. Les récents documents sont transcrits dans la langue *Nko* inventée par le savant guinéen Souleymane Kanté en 1949. Depuis sa création, le *Nko* reconnu et soutenu par l'UNESCO s'est répandu dans toute l'Afrique de l'Ouest et en septembre 2005, il a été accepté dans le Standard Unicode 5.0 en s'affichant comme le second script africain à être inclus dans ce Standard après l'Ahmaric qui a servi à la transcription des langues afro-asiatiques. D'après le guérisseur Laye Kaba, un des élèves héritiers de la bibliothèque de Kanté, les recherches de son maître ont porté sur de milliers de plantes médicinales traitant plus de 314 maladies tropicales consignées dans ses œuvres. Le manque d'intérêt des scientifiques et des nouvelles générations pour leur valorisation, n'aurait toutefois pas permis l'exploitation de cette littérature transcrite parfois dans les langues dites secrètes enseignées dans les couvents initiatiques comme présenté à la figure 4.3.



Figure 4.3 Laye Kaba, guérisseur traditionnel et héritier de la bibliothèque de Kanté montrant un des tomes de son maître sur les plantes médicinales.

Derrière les noms vernaculaires des plantes par exemple, se cache tout un savoir millénaire à la fois empirique et pratique qui s'enracine à l'échelle ethnique, locale et régionale, contrairement aux noms scientifiques qui ne connaissent pas de frontière. C'est le cas de : *Boùllè bâli* (épine du mouton en peul), *Kinsi koundji* (le captif du palétuvier en sousou), *Kouossafini* (la quinine des Noires en malinké), *Mbéydho môdjô* (la bonne mère en peul), *Gnâmour fancâ* (mange et tais-toi, en peul), *Rèmè* (jaunisse/ictère, en peul), *Mâro nai*

(le riz de la vache en peul), *Lèdhè djinna* (plantes mystiques ou sacrées, en peul), etc. Ils permettent de déceler certaines caractéristiques de la flore, qu'elles soient d'ordre morphologique (épine), écologique (mangrove), en rapport avec les utilisations (santé, alimentation,) ou les croyances (espèces mystiques ou sacrée). Pour Laye Kaba, la confrontation des noms dans les différentes langues nationales permet non seulement de comprendre la richesse de la biodiversité et des cultures, mais aussi, les multiples usages et vénération rendues à différentes espèces par les différentes ethnies. Le nom par exemple de *Mbéydho môdjô* ou bonne mère, signifierait que si chaque enfant a une bonne mère au village, il en a aussi une autre dans la forêt qui détient les secrets de ses soins. Cet amour pour la nature se manifeste par le don de fil ou de tissu que les populations accrochent sur l'arbre en guise de reconnaissance du bienfait apporté aux enfants pendant cette période fragile de la vie. L'expression *Gnamou fanca* (mange et tais-toi) serait aussi synonyme de connaissances sur la plante qu'on ne livre pas à tout le monde et à tout moment et qui se reflètent à travers les multiples usages des différentes parties de la plante : alimentation humaine et animale, médecine humaine et animale, traitement traditionnel des eaux, usages rituels, multiplication par bouture et par graines, résistance à la sécheresse, etc.

D'une manière générale, les cultes rendus à l'eau, aux plantes, aux animaux, aux minéraux et aux reliques des sites sacrés sont autant de survivances de dévotion que ces sociétés adressent aux ressources naturelles et à l'environnement. Dans le cas des plantes sacrées, celles-ci abriteraient les Esprits et serviraient à la fabrication d'objets sacrés comme les masques, les autels et les sanctuaires pour les invocations, la sacralisation des écosystèmes et le traitement des maladies mentales imputées aux démons. Il existerait dans le pays, plusieurs villages de guérisseurs de ces maladies. C'est le cas du village de Niagara dans la préfecture de Mamou. C'est pourquoi, le circuit thérapeutique est souvent monopolisé par les familles. Des 50 familles enquêtées en zones rurales et urbaines, 76% considèrent que la médecine moderne n'apporte que des calmants. Ainsi, même après guérison dans les hôpitaux, les malades et leurs familles se trouveraient marqués par l'inadéquation des soins et du sens donné aux troubles en rapport au contexte. À cause de ces croyances, les plantes sacrées utilisées pour le traitement : *Tchimmè*, *Linguè*, *Bantan*, *Bocè* (*Gardenia ternifolia*),

etc., sont toutes protégées. En général, la combinaison de plantes médicinales avec la dimension religieuse et les réjouissances collectives est de règle et affecte les patients. Afin d'améliorer la santé humaine et des écosystèmes menacée par les usages concurrentiels et les invasions biologiques, ceci amène la nécessité de changement de paradigme pour protéger et valoriser cette biodiversité et cette médecine en complément avec la médecine moderne.

Les enquêtes menées auprès de 26 guérisseurs dans le site, ont ainsi permis de recenser 126 plantes médicinales toutes utilisées dans l'alimentation, le fourrage, le traitement des eaux et la lutte contre les vecteurs et maladies liées à l'eau. De ces plantes, 96,7 % sont d'origine sauvage. Ceci explique le peu d'intérêt accordé aux projets communautaires pour leur conservation. Selon 75% des 30 commerçants des plantes médicinales rencontrés dans le site, la perte de leur récolte en saison pluvieuse se situerait entre 25 et 45% (perte de récolte, fermentation, moisissure, etc.). Or, les guérisseurs ont reconnu les impacts de la situation géographique, de l'âge et des modes de conservation sur les principes actifs des plantes. D'après les données de terrain, les plantes récoltées en Haute Guinée (zone de savane sèche) seraient plus riches en certains principes actifs que les mêmes plantes récoltées en Basse Guinée (zone maritime) dans le traitement de certaines maladies. Certaines plantes utilisées dans le traitement de la rétention urinaire perdraient leurs principes actifs avec la conservation. L'âge de la plante, la période (saison sèche ou pluvieuse) et le moment de récolte (matin, midi soir, nuit), la température, etc. seraient aussi des facteurs à considérer.

Par ailleurs, avec la détérioration de la qualité de l'environnement et la prolifération des maladies, le commerce de plantes médicinales serait devenu selon ces guérisseurs, la source principale de revenu pour la majorité de la population. La plupart des récoltes seraient expédiées dans les villes par les commerçants qui auraient leurs représentants dans les villages. L'inadéquation des méthodes de récoltes et de conservation, les pertes et les pressions menaceraient plusieurs espèces de disparition dont entre autres *Guiera senegalensis* Lam, qui en plus d'être diurétique et galactogène, serait utilisée par les populations contre le paludisme, les diarrhées, la dysenterie, le choléra, l'insuffisance de sperme et l'impuissance sexuelle et le *Cochlospermum tinctorium* A. Rich qui s'est avéré être efficace contre le

paludisme et l'ictère. Cette dernière n'existerait plus dans certaines régions du Foutah Djallon où elle était protégée (sans arracher). Un programme de conservation de cette biodiversité à travers les sites sacrés et les projets de reboisement est nécessaire pour réduire les impacts et contrer les invasions biologiques.

4.4.1 Écosystèmes et santé et décontamination des points d'eau

Les plans d'eau et les zones humides sont indispensables à l'approvisionnement en eau et en ressources alimentaires des villes et des villages et au maintien de la diversité biologique et culturelle. Lorsqu'ils sont perturbés, ils représentent des risques pour la santé humaine. La plupart des maladies est liée à l'eau et est favorisée par les pollutions et les projets de développement : agriculture, mines, barrages, irrigation, déforestation, assainissement, etc. Parmi les maladies les plus répandues dans les zones d'études, figure le paludisme provoqué par les moustiques anophèles. Les 26 guérisseurs rencontrés considèrent que la maladie affecte le plus les populations. Pour chasser les moustiques et la mouche tsé-tsé vecteur de la maladie du sommeil, les populations ont recours aux huiles essentielles d'*Azadirachta indica* et *Ocimum basilicum* L et pour la fumigation des parcs du bétail, des concessions et des chambres, des parties de plantes de *Daniellia oliveri*, les fruits du baobab, la gomme de *Canarium schweinfurthii*, les feuilles de *Clausena anisata* Willd (arôme et fumigation), les graines et les fruits de *Detarium senegalense*, la plante fraîchement cueillie ou brûlée d'*Hyptis suaveolens* L., les feuilles et les branches sèches de *Guiera senegalensis*, la poudre des feuilles de *Ricinus communis*. Pour montrer les pressions sur les espèces identifiées et la nécessité de leur utilisation et valorisation à la place des espèces exotiques, les usages locaux ont été répertoriés auprès des guérisseurs, de même que certaines données de la littérature pour corroborer la complémentarité des données scientifiques et traditionnelles. Les plantes utilisées sous forme de décoction, sont présentées au tableau 4.1.

Tableau 4.1 Plantes utilisées contre le paludisme et autres maladies

Plantes	Usages locaux
<i>Acacia albida</i>	Paludisme, fièvre, diarrhée, hémorragie, coqueluche, nausée, vomissement, cataracte, conjonctivite, toux, bronchite, ictères, fourrage, facilite l'accouchement et tolère la sécheresse, etc.
<i>Azadirachta indica</i>	Paludisme, diarrhée, dysenterie, ulcères, bactéricides, antivirale, anti-inflammatoire, inhibe <i>Escherichia coli</i> , <i>Kiebsella pneumonia</i> , <i>Candida albican</i> , virus de la poliomyélite, bloque l'ovulation, la ponte des criquets et la destruction des récoltes (Pousset, 2004), etc.
<i>Anogeissus leicarpus</i>	Paludisme, gastroentérites, céphalées, dysenterie, etc.
<i>Bidens pilosa</i>	Paludisme, jaunisse, diarrhée, diabète, dysenterie, parasites intestinaux, gastrites, hypertension, brûlures, active et relaxe le muscle de l'aorte (Pousset, 2004), etc.
<i>Butyrospermum partii</i>	Paludisme, gastroentérites, céphalées, diarrhée, toux, vomissement, plaies, rhumatisme, onchocercose, angine, hémorroïdes, etc.
<i>Cassia siberiana</i> , DC	Paludisme, fièvre, toux, courbature, rhumatisme, vertiges, maux de rein, inflammation des seins, etc.

<i>Cochlospermum tinctorium</i>	Gastroentérites, paludisme, ictère, constipation, carie dentaire, mal de dos, etc.
<i>Combretum glutinosum</i> DC	Paludisme, gonococcie, mal du thorax, etc.
<i>Cordyla pinnata</i> Milne-Redh	Paludisme, gastroentérites, fièvre, rhumatisme, etc.
<i>Cymbopogon giganteus</i>	Paludisme, gastro-entérite, courbature, carie dentaire, délivrance, douleur lombaire, hernie, gencives, ictère, céphalées, constipation, etc.
<i>Detarium microcapum</i>	Gastro-entérites, diarrhée et dysenterie, paludisme, constipation, plaies, maux de rein, panaris, luxation, rhumatisme, etc.
<i>Khaya senegalensis</i>	Paludisme, fièvre, anti-infectieux, gastro-entérites, impuissance sexuelle, diarrhée, gastrite, dermatose, anémies, onchocercose, rhume, asthme, syphilis, troubles de la menstruation, etc.
<i>Lofira lanceolata</i>	Paludisme, mal du thorax, etc.
<i>Mitragina incermis</i> .	Paludisme, fièvre, mal de poitrine, etc.
<i>Nauclea latifolia</i>	Crise de paludisme, gastroentérites, fièvre, ulcères, ictère, toux, vomissement, délivrance, poussée dentaire, rhume, dermatoses, impuissance, diarrhée, dysenterie, etc.
<i>Neobouldia laevis</i>	Crise de paludisme, dysenterie, diarrhée, maux de tête, morsure de serpent, etc.

<i>Nelsonia canescens</i>	Paludisme, gastro-entérites, fièvre, hémorroïdes, etc.
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Paludisme, toux, ictère, plaie, conjonctivite, flatulence, etc.
<i>Piliostigma thonningii</i>	Paludisme, fièvre, toux, fatigue générale, rhume, onchocercose, mal du cou, poussée dentaire, etc.
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Paludisme, gastro-entérites, fièvre, asthénie physique, palpitation, impuissance sexuelle, plaie, gonococcie, démangeaison, etc.
<i>Tamarindus indica</i>	Fièvre, paludisme, asthénie sexuelle, constipation, etc.
<i>Vernonia amygdalina</i>	Paludisme, hépatite, diarrhée, dermatose, parasites, fièvre, vomissement, etc.
<i>Vernonia colorata</i>	Paludisme, fièvre, rhume, etc.

Les bilharzioses ou schistosomias (körösine-ulèn en mandingue) seraient aussi répandues dans le site. Les guérisseurs ont signalé sept cas de patients souffrants de la maladie. Elles sont provoquées par des trématodes et transmises à l'homme par des mollusques aquatiques. Les populations reconnaissent la maladie par les pissements de sang, les brûlures à la miction. Leur prévention est difficile et consiste à éviter de marcher pieds nus ou de se baigner dans l'eau contaminée. Leur distribution dépend de la présence en un même lieu de sujets infectés qui propagent la maladie par leurs urines, selles et le contact avec l'eau et de plan d'eau favorable au développement des mollusques, hôtes intermédiaires indispensables à la réalisation du cycle des parasitoses. Leur traitement est coûteux et doit être sous contrôle médical. Par ailleurs, il existe peu de structures de santé et de personnel qualifié pour les identifier et aider à améliorer la situation environnementale et soulager les malades. Pour y faire face, les guérisseurs utilisent plusieurs plantes pour les soins, ainsi que leurs macérés et poudres pour détruire les mollusques hôtes intermédiaires au niveau des

points d'eau comme indiqué à la figure 4.4. Cependant, 84% des 60 personnes interrogées ignorent les plantes et le cycle de transmission. Les plantes recensées sont présentées au tableau 4.2.



Figure 4.4 Point d'eau d'approvisionnement décontaminé des vecteurs des bilharzioses à l'aide de décoctions et de poudres de parties de plantes par les guérisseurs traditionnels.

Tableau 4.2 Plantes utilisées contre les bilharzioses et autres maladies

Plantes	Usages locaux	Études réalisées
<i>Acacia nilotica</i>	Destruction de mollusques et d'algues envahissantes des eaux dormantes (décoction de fruits riche en esters galliques de l'épigallocatechol), dysenterie, diarrhée, plaies, brûlures, cicatrisation, gingivite, stomatite, douleurs gastro-intestinales, fièvre, bronchite, pneumonie, etc.	Potel (2002)

- Alchornea cordifolia* Bilharzioses intestinales, trypanosomes (décoction de racines et feuilles riches en produits phénoliques et terpènes), dysenterie, diarrhée, infections urinaires, rhumatisme gastro-entérites, bronchite, antispasmodique, parasites, etc. Saulnier (1998)
- Ambrosia maritima* Bilharziose, mollusques, diurétique, extrait protecteur du foie. Coupée au moment de la floraison et jetée dans l'eau, elle libère des lactones, des sesquiterpènes comme la damsine qui sont des puissants mollucicides de faibles effets sur les poissons et l'Homme. Pousset (2004)
- Balanites aegyptiaca* Mollusques, cyclops et douves du foie du bétail, syphilis, ictères, fièvre jaune, dysenterie amibienne, vermifuge, alimentation, fourrage, désinfection de point d'eau (contient des saponosides stéroïdiques, des terpènes et des stérols, asphyxie les poissons, mais non toxique pour l'Homme). VonMaydel (1983)
- Borreria verticulata* Bilharziose urinaires (200 g/L racine + jus citron et miel), antiseptique, antidysentérique et paralytique, galactagogue, antilépreux, abortif, (contient alcaloïdes qui agissent sur les staphylocoques dorés responsables des furoncles et des panaris), etc. Pousset (2004)

<i>Calotropias procera</i> :	Mollusques, dysenterie, paludisme, syphilis, toux, rhumatisme, lèpre, hépatite, parasites, migraine, asthme, anti-fongique, etc.
<i>Detarium microcarpum</i>	Bilharziose (racine), diarrhée, dysenterie, démangeaison, variole, paralysie, blennorragie, hémorroïde, lèpre, syphilis, rhumatisme, méningite (jeunes rameaux), etc.
<i>Jatropha curcas</i>	Mollusques, paludisme, parasites, ictères, diarrhée, jaunisse, dysenterie, gonorrhée, ver de Guinée, gastrites, l'huile rentre dans la fabrication de carburant écologique, etc.
<i>Raphia soudanic.</i>	Bilharziose, gastro-entérites, dracunculose, etc.
<i>Swartzia madagascariensis</i>	Puissant molluscicide (1 g/L poudre graines en 24 heures), lèpre, syphilis, vermifuge, drépanocytose, rhumatisme, etc. Pousset (2004)
<i>Vernonia amygdalina</i>	Molluscicide, paludismes, troubles gastriques, dermatose, vers parasites, hépatite, anti-agrégant plaquettaire, antiviral et microbien, rougeole, lactogène, gastrite, diurétique, etc. Potel (2002) Pousset (2004)

Une autre maladie endémique bien connue des populations du site de Ramsar de Tinkisso, est l'onchocercose ou cécité des rivières. Elle est transmise par la piqûre d'une mouche, la *simili* qui pond ses œufs dans les eaux des rivières à courants rapides lesquels se transforment en similis adultes au bout de 8 à 12 jours. Elle a fait beaucoup de victimes en

Haute Guinée. La lutte contre les gîtes larvaires est menée de temps en temps, grâce à des programmes régionaux organisés en collaboration avec les agences de coopération internationale et bilatérale. Il s'agit de la pulvérisation de pesticides dans les plans d'eau, avec parfois des effets non négligeables sur les riverains, le bétail et les poissons.

Comme autre maladie répandue dans la région, il y a la trypanosomiase humaine africaine. Elle est connue sous le vocable de *maladie du sommeil*. Le trypanosome responsable est un parasite protozoaire transmis à l'Homme par la piqure d'une glosine (du genre *glossina*) ou mouche tsé-tsé qui vit en Afrique. Pour mieux cerner l'endémie, un premier congrès international avait été organisé au Congo du 23 au 25 mars 2004. L'occasion était de revenir sur cette maladie tenace, oubliée et méconnue du public et qui est en pleine recrudescence dans les pays au sud du Sahara. Son éradication est rendue difficile par le fait qu'on rencontre différentes espèces toutes dangereuses qui parasitent l'homme et les animaux. La maladie est caractérisée au début par des fortes fièvres, des malaises accompagnés de maux de tête, des douleurs articulaires et l'apparition de ganglions cervicaux qui sont les signes évocateurs de la maladie. Après quelques mois, le parasite envahit le système nerveux central en présentant des signes caractéristiques : paralysies, convulsions, troubles de la sensibilité et mentaux s'accompagnant d'un besoin irrésistible de dormir, d'où le nom de *maladie du sommeil*. À ce stade, les trypanosomes ont atteint le liquide céphalo-rachidien. Sans dépistage et traitement à temps du patient, l'issue devient fatale. Les plantes identifiées pour le traitement traditionnel de ces deux maladies sont présentées au tableau 4.3.

Tableau 4.3 Plantes utilisées contre l'onchocercose et la trypanosomiase

Plante	Usages locaux
<i>Azelaia africana</i>	Onchocercose, trypanosome (Racines de: <i>Azelaia</i> + <i>Tamarindus</i> + <i>Ficus capensis</i>) gastro-entérites, asthénie physique, hernie, épilepsie, bronchite lèpre, fièvre, constipation, etc.

<i>Cissus quadrengularis</i>	Onchocercose.
<i>Spondias mombin</i>	Onchocercose, désinfectant, toux rebelle, fièvre, vermifuge, troubles de l'estomac, diurétique, etc.
<i>Anacardium occidentale</i>	Trypanosomes, ver de Guinée, vers intestinaux, teignes, oeil de perdrix, maladies mentales, insecticide, etc.
<i>Alchornea cardifolia</i>	Trypanosomes (feuilles), mollusques, tachycardie, ulcère, diarrhée, dysenterie, insuffisance rénale, trouble du sommeil (Saulnier, 1998 et Pousset, 2004)

La dracunculose ou filaire de Médine (ou ver de Guinée) a été également signalée par les guérisseurs. Les causes de cette maladie contractée en buvant de l'eau contaminée par les larves de *Dracunculus* ingérées par les cyclops (crustacé) vivant dans les cours d'eau, ne sont pas connues des populations. Une fois libérées dans l'estomac, les larves du parasite deviennent des vers de plusieurs centimètres de long qui traversent les tissus en causant des ulcères débilants jusqu'à atteindre la surface de la peau où ils provoquent des œdèmes inflammatoires. Lorsque le malade entre en contact avec l'eau, la femelle décharge les larves de nouveau et le cycle reprend. Pour traiter le mal des enfants infectés, les femmes font l'extraction mécanique du ver à l'aide d'aiguille, utilisent des décoctions ou des cataplasmes avec des plantes médicinales sur la partie infectée. Quant aux vers intestinaux (helminthes), 65% des 30 personnes interrogées considèrent qu'ils sont répandus chez tous les groupes d'âges surtout chez les enfants. Comme signes évocateurs, ont été cités le ballonnement du ventre et le retard de croissance chez les enfants. Pour le déparasitage et la lutte contre les diarrhées fréquentes, les familles ont recours aux argiles locales, aux plantes médicinales comme le rhizome d'*Aframomum sulcatum* et à l'automédication avec les vendeurs ambulants de produits pharmaceutiques. Les plantes utilisées sont présentées au tableau 4.4.

Tableau 4.4 Plantes utilisées contre la dracunculose et autres maladies

Plante	Usages locaux	Études réalisées
<i>Afrormosi laxifolia</i>	Ver de Guinée, paludisme, diarrhée, cholera, poussée dentaire, maux des reins, douleurs articulaires, œdèmes, maladies mentales et vénériennes, paralysie, céphalées, jaunisse, fièvre jaune, etc.	
<i>Allophylus africanus</i>	Vers sous-cutanés, diarrhée, hémorroïde, rhume du cerveau, dermatose, (le renouvellement de ses feuilles annonce le début des cultures pour les paysans), etc.	
<i>Anacardium occidentale</i>	Ver de Guinée, dysenterie, hypertension, insecticide, diabète, parasites, dermatite, action dépressive sur le système nerveux central, antibactérien sur <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , etc.	Pousset (2004)
<i>Anona senegalensis</i>	Ver de Guinée, vermifuge, insecticide, diarrhée, dysenterie, maladies vénériennes, morsures de serpent, rhume, dermatose	
<i>Cassia alata</i>	Vers sous-cutanés, dysenterie, gonorrhée, herpes, mycoses, grattelles, etc.	

<i>Guiera senegalensis</i>	Ver de Guinée, maladies de la peau, diarrhée, dysenterie, lèpre, paludisme, impuissance sexuelle, bronchite, toux, fièvre, galactogène, fumigation des parcs du bétail (feuilles) pour lutter contre les vecteurs de la maladie (mouche tsé-tsé, etc.).	Basilevskaia (1969)
<i>Ricinum communis</i>	Filaires, parasites, impuissance sexuelle, insecticides, antiseptique, etc.	
<i>Aframomum melengueta</i>	Parasites, incontinence, toux, arrêt de la lactation lors du sevrage, ingrédient de plusieurs médicaments, etc.	
<i>Carica papaya</i>	Vermifuge, anti-ictérique, ulcères, troubles urinaires, gonorrhée, hémorroïde, etc.	
<i>Newbouldia laevis</i>	Vers parasites, éléphantiasis, paralysie, dysenterie, maux de cœur (cendre feuilles + sel), insecticide, convulsions, bronchite enfants, etc.	
<i>Dichrostach glomerata</i>	Parasites, éléphantiasis, dysenterie, troubles urétraux, gonorrhée, syphilis, morsures de serpent, lèpre, etc.	

Parmi les plantes rencontrées et reconnues être efficaces dans le traitement des eaux, figure *Moringa oleifera* Lam, actuellement utilisé dans le traitement des maladies, l'alimentation humaine et animale et la fabrication de savons. Les racines de *Vetiveria nigriflora* sont utilisées fondamentalement par les femmes pour donner de la saveur à leur eau et lutter contre les diarrhées des nouveaux nés. Les moyens de purification de l'eau sont la décantation et la filtration sur couche de sable. La potabilité de l'eau est assimilée à l'absence de turbidité, de couleur et d'odeur. Les plantes identifiées sont présentées au tableau 4.5.

Tableau 4.5 Plantes utilisées en traitement des eaux

Plante	Usages locaux	Études réalisées
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Coagulant, adsorbant, désinfectant des eaux, stimulant dans les paralysies, tonique cardiaque et circulatoire possède des propriétés sédatives sur le système nerveux central, etc.	Pousset (2004)
<i>Vetiveria nigriflora</i>	Huile employée pour désinfecter l'eau de boisson, l'eau aromatisée est donnée aux enfants pour calmer la diarrhée.	
<i>Acacia nilotica</i>	Les fruits détruisent les algues qui envahissent les eaux dormantes et les mollusques.	Pousset (2004),

En dépit de l'existence de peuplements de *Moringa oleifera* dans la plupart des préfectures de la Guinée, son utilisation en traitement des eaux est peu connue. Selon les guérisseurs, elle est cultivée par les populations qui l'utilisent comme piquet vivant pour les clôtures des tapades autour des maisons, en agroforesterie et comme source importante de fourrage, de nourriture et de remède contre les maux de la prostate, de la vessie, le rhumatisme, la blennorragie, l'épilepsie, les convulsions, la malnutrition des enfants et des femmes en grossesse, etc. La gomme blanche retirée du tronc, sert de condiment, mélangée à l'eau, contre la dysenterie, la fièvre et l'asthme et la bouillie des feuilles, des fleurs et des fruits contre l'hypertension artérielle, etc. Elle peut se reproduire par graines et par bouture. Elle n'est pas exigeante en eau et résiste à la sécheresse. À cause de ces multiples usages, la plante est appelée « mange et tais-toi » par les populations.

4.4.2 Usages traditionnels des argiles locales

En plus des plantes médicinales, les argiles jouent un rôle important dans la vie des communautés. En Guinée comme dans la plupart des États de l'Afrique de l'Ouest, les populations utilisent diverses sortes d'argiles recueillies dans les carrières, au niveau des termitières et sur les rives des cours d'eau pour améliorer leurs soins de beauté, se soigner et soigner leur bétail. Onctueuses et gonflantes lorsqu'elles sont mouillées, elles se présentent quand elles sont sèches, soit en masse (argiles vendues dans les marchés), soit sous forme de poudre (argile recueillie dans les carrières de sable, minières ou sur les rives des cours d'eau). Elles sont de couleur blanche, blanc marron, jaune, rouge, etc. À cause de leurs multiples usages, un commerce florissant s'est développé entre les populations de la sous région et constitue à nos jours, une source de revenu pour la plupart des femmes (figure 2.7). Considérées à la fois comme source de suppléments minéraux et thérapeutique, les roches sont croquées, mastiquées et avalées comme les fruits du kolatier qui stimulent le système nerveux. Les consommateurs, surtout les femmes en attente de maternité et stériles, reconnaissent en elles, des valeurs alimentaires et médicales. Parmi les 150 femmes interrogées en zones rurales et urbaines, 54% soutiennent qu'elles sont efficaces dans le traitement de leurs maladies internes et externes. Elles soulageraient leurs nausées et maladies, aideraient à l'accouchement, donneraient de la force à leur enfant et favoriseraient la naissance de plus de garçons lorsqu'elles sont utilisées avec des parties de plantes.

Pour apprécier leur efficacité sur le plan santé, une analyse de leur qualité et une consultation médicale préalable des patients devaient être menées pour apporter la preuve de l'affection soupçonnée et permettre après traitement de juger les observations de guérison ou de soulagement. Même s'il y a une part d'objectivité dans cette direction, les 54% des 150 personnes interrogées affirment connaître mieux les symptômes de leurs maladies. Pour elles, leur disparition au cours du traitement serait parfaitement *objective*. Les principaux usages recensés au niveau des populations concernent la fécondité, les diarrhées, les maladies vénériennes et gastro-intestinales, les parasites, les gastrites, les ballonnements, la désintoxication, l'anémie, le vomissement, les plaies, la dermatose, les maladies des yeux, la

préparation de savons antiseptiques, le conditionnement de cheveux et de la peau, la préparation de peintures locales, la poterie et les *touppès* ou fêtes traditionnelles pour le bétail. Au cours de ces « fêtes aux argiles », celles-ci sont mélangées à des parties de plantes médicinales sous forme de boue salée appelée *môndè* en peul, puis donnée au bétail comme aliment et déparasitant et pour accroître la production laitière. Ces grandioses fêtes organisées en brousse seraient également une occasion d'échange de connaissances entre éleveurs. Comme autres pratiques, il y a les cataplasmes pour soigner les plaies, les maladies de la peau et articulaires, les bains de boue avec du sel et de parties de plantes pour lutter contre les paralysies, les bains de bouche et de gargarisme pour les infections rhino-pharyngées.

Leur consommation pourrait toutefois présenter des risques sanitaires en particulier chez les femmes en grossesse et stériles qui abusent souvent de leur usage. En effet, 17% des 150 femmes interrogées affirment consommer plus d'un kilogramme d'argile par semaine. Sur le terrain, ces risques sont bien présents. L'environnement se dégrade, les magasins de vente sont peu appropriés et les argiles sont stockées avec des produits à risque (soude, produits pétroliers et autres). En zones rurales, elles sont souvent placées dans les miradors des cuisines où elles sont en contact avec les fumées et en zones urbaines dans des plateaux exposés à la poussière pour la vente. Pour cette raison, 46% des femmes (150) estiment qu'elles causent la mort d'enfants pendant la grossesse. De plus 30% pensent qu'elles améliorent la fécondité et la naissance de garçons lorsqu'elles sont mélangées à des parties de plantes médicinales. La consommation de plusieurs types d'argiles par les femmes en grossesse a été citée comme cause de mort de leur enfant. Ces informations ont conduit à des tests préliminaires sur le terrain, qui ont montré que plusieurs échantillons dilués et agités dans de l'eau minérale relarguaient des quantités importantes de nitrates dans l'eau (voir résultats du chapitre V). Ces données en justifiant en partie la problématique des nitrates en zones rurales, ont conduit à l'hypothèse qu'elles sont capables d'enlever les nitrates. En effet, en dépit de ces multiples usages, peu d'études ont été réalisées pour leur valorisation en traitement des eaux. Abordant leur utilisation dans la lutte contre la stérilité, les guérisseurs et les éleveurs considèrent que leur usage avec des plantes médicinales favoriserait la naissance de plus de mâle que de femelle, tant chez l'animal que chez l'humain. Ceci expliquerait en

partie, l'engouement des femmes pour leur consommation et montre l'importance des connaissances traditionnelles dans la compréhension de la santé humaine et des écosystèmes.

4.5 Discussion

4.5.1 Participation des populations dans les projets de développement.

Des résultats des enquêtes, il apparaît que les projets de développement initiés par l'État et ses partenaires de développement ont marginalisé le social et l'environnement. Ces projets n'ont pas suffisamment pris en compte les aspirations profondes des populations locales, leur savoir-faire et leurs stratégies (Warren, 1993). Ceci s'est traduit par la privatisation des terres, la délivrance incontrôlée de permis de coupe et de concessions minières, l'utilisation d'espèces exotiques dans les projets et la pratique de la chasse commerciale et des feux de brousse. Dans le cas des techniciens, ils ont longtemps agi en fonction d'un modèle conventionnel de transfert de technologie dans lequel ils se posent en pourvoyeurs de connaissances aux populations (Scoones et Thompson, 1994). Cette situation est favorisée en partie par le contexte sociopolitique du pays marqué par la succession de deux régimes socialiste et militaire assez centralisateurs. La démocratie, la décentralisation et la problématique environnementale étant récentes en Afrique, les principales structures animées par des salariés, des experts, des élus locaux et des privés dominés par les intérêts économiques à court terme, sont peu disposés à travailler avec les populations pour une cogestion durable des ressources hydriques et forestières. Sensibles à la nouveauté de leurs prérogatives, les techniciens sont plus tentés d'affirmer leur domaine de compétence, que de jouer un rôle de conseillers, d'éducateurs et de collaborateurs. La participation est utilisée comme un moyen pour donner de la crédibilité aux projets auprès de bailleurs de fonds et pour réduire leurs coûts sans partage des responsabilités et des bénéfices. Ceci a contribué à la division des populations et à de nombreux cas de déficits, de désintégration des structures d'interface, du retour à des pratiques d'extraction non durables des ressources naturelles.

Pour les populations, la crise environnementale actuelle constitue le motif de la cogestion précipitée des bassins et des forêts entreprise par l'État et ses partenaires. Bien qu'il y ait eu un certain nombre de révisions des textes légaux et de directives de politiques, les conditions et les procédures à appliquer n'ont pas été clarifiées et les destinataires des politiques peu associés de manière responsable. La cogestion entreprise est peu perçue comme un processus dynamique et complexe entre État, marché et société civile qui exige le transfert du pouvoir aux communautés à travers des cadres juridiques et institutionnels adaptés et des programmes reconnus et soutenus. Pour atteindre de tels objectifs, la bonne gouvernance, la décentralisation et la prise en compte du social, de l'environnement et des diversités biologique et culturelle, devraient être les moyens pour intégrer les groupes marginalisés dans le processus décisionnel, afin qu'ils puissent jouir pleinement de leur citoyenneté et participer à la conservation. En effet, « la cogestion est un accord de collaboration en vertu duquel une collectivité utilisatrice des ressources locales, les instances gouvernementales supérieures et locales et d'autres intervenants partagent la responsabilité de la gestion de ressources naturelles particulières » (Tyler, 2006). Les avantages de cette participation selon Edgar (1997) sont multiples et de grande envergure : bonne identification des priorités, apport d'idées novatrices, incorporation des traditions et du savoir locaux, renforcement de la confiance en soi à mesure qu'avance le projet, contrôle méticuleux de l'utilisation des ressources, autosuffisance à moyen et long terme, renforcement des formes locales d'organisation et création d'un cycle d'amélioration. La dévolution du pouvoir aux communautés locales représente dans ce contexte, le garant de la transparence dans la gouvernance locale et une condition de leur adhésion à l'œuvre commune de développement.

Tenant compte de ce qui précède, il apparaît que le développement précipité actuel d'un modèle général de cogestion des bassins et des forêts et de son transfert d'une zone à une autre par l'État et ses partenaires apparaît être peu logique. En effet, selon les données des enquêtes, la prévalence de la logique économique et le peu de prise en compte de la diversité de situations écologiques, socioéconomiques et culturelles et des interactions entre parties prenantes et éléments naturels pourraient rendre cette généralisation dangereuse et non durable en particulier dans le reste des zones encore sous contrôle autochtone. Des

mécanismes de consultation élargie des parties impliquées pour un consensus apparaissent nécessaires tant au niveau national qu'avec les institutions d'aide au développement. Ceci est essentiel pour l'élaboration d'un système juridique et institutionnel efficace pour la planification et l'exécution de la cogestion des bassins et des forêts. La conduite des activités dans ce domaine ne devrait pas être seulement du rôle de conseillers expatriés et des nationaux. Le bon mixage des acteurs de l'État, des institutions d'aide au développement, des parties prenantes, en particulier des savants locaux est source de succès de la conduite des activités. Comme l'a souligné Tyler (2006), même si l'utilisation locale durable des ressources naturelles est la raison d'être de la cogestion, les principales difficultés ne tiennent pas tant aux interventions techniques qu'à la gestion des relations entre les gens. En effet, la manière par laquelle les techniques forestières, agricoles et minières sont appliquées actuellement est contraire aux objectifs du développement durable et aux intérêts des populations démunies des pays de l'Afrique de l'Ouest. Les échelles administratives et juridiques régissant l'accès juste et équitable et le contrôle de ces ressources sont d'une grande importance pour l'ensemble des parties prenantes. L'État et ses partenaires au développement devraient être capables de ressentir les insatisfactions et frustrations des différentes parties en particulier des populations autochtones afin de susciter et d'assurer les conditions d'une négociation équitable.

Les activités de cogestion ne devraient donc pas être précipitées dans une tentative d'entreprendre le tout à la fois. Il s'agit là d'un processus complexe qui doit être réalisé en des étapes progressives et soigneusement étudiées avec les populations et leurs savants locaux. Ces étapes exigent entre autres, la restitution des terres aux pauvres, la reconnaissance et la valorisation des structures, connaissances et espèces indigènes et la nécessité d'adresser, ce qui ne doit pas être fait, ce qui doit être fait, quand, comment et par qui. Tout cela exige la participation du public et des études participatives et pluridisciplinaires dans lesquelles sociologues, ethnologues, savants locaux et partenaires d'aide au développement ont un rôle déterminant à jouer pour aboutir à une cogestion durable. Les connaissances et pratiques traditionnelles recensées dans le cadre de cette étude montrent que pour réussir dans cette voie, les populations et leurs savants locaux ne devraient

plus être perçus comme des simples bénéficiaires de services, mais comme des vrais partenaires de développement qui maîtrisent mieux les écosystèmes de leurs terroirs grâce à leurs connaissances et expériences de conservation des forêts et des mares sacrées.

4.5.2 Importance des connaissances et pratiques endogènes de conservation des ressources hydriques et forestières

Les données sur les connaissances, pratiques et croyances des sociétés traditionnelles identifiées dans le cadre de cette étude, sont riches en enseignements. En effet, ces sociétés ne considèrent pas la nature et ses composantes comme des objets à exploiter ou à dominer, mais comme des dons sacrés à conserver et à transmettre avec des valeurs ajoutées aux futures générations. Ceci se matérialise à travers les cultes rendus à l'eau, aux plantes, aux animaux, aux minéraux, aux forêts et mares sacrées qui sont autant de survivances de dévotion qu'elles adressent à la nature et aux ancêtres fondateurs des sites. Grâce aux savoirs transmis et améliorés de génération en génération, elles ont pu se doter de structures, de règles, de pratiques et de méthodes de conservation économiques et efficaces fondées sur leur propre conception du monde. Elles montrent que la protection de l'environnement n'est pas que technique, elle est surtout culturelle en Afrique.

Des données des enquêtes, il apparaît qu'avec la marginalisation des structures traditionnelles et l'appropriation des terres des populations autochtones par l'État, les bassins, les ressources en eau et les aires classées ont souffert de la situation du libre accès pour tous, sans la responsabilité de personne. Ceci se matérialise à travers la perte de la rôneraie du site de Tinkisso, la prolifération de la chasse commerciale et des feux de brousse, la délivrance incontrôlée de permis de coupe et de concessions minières. Ces pratiques n'ont favorisé que les riches, les multinationales, les intellectuels, les privés et les agents de l'administration dominés par les intérêts à court terme. La persistance de ces pratiques depuis la colonisation a eu un impact négatif sur l'environnement et les structures traditionnelles. Celles-ci ont tendance à perdre tout sentiment de responsabilité dans la conservation des ressources des terroirs villageois. L'élimination des sites sacrés et l'interdiction de la formation des

confréries dans les couvents initiatiques n'ont pas permis de perpétuer la tradition de protection des écosystèmes hydriques et forestiers à travers la création de groupes de surveillance et l'application des techniques de sacralisation et d'envoûtement pour punir les irrévérencieux. Actuellement, ces structures éprouvent des incertitudes quant à leur droit sur les terres, les arbres et les zones humides qu'elles ont su conserver dans le passé. Seuls les sites sacralisés résistent encore aux pressions et continuent de rendre des services aux populations et à leur environnement.

L'extension précipitée de la cogestion dans les écosystèmes sous contrôle autochtone sans concertation et implication des savants locaux constitue ainsi un danger pour l'environnement et l'identité culturelle des communautés. Actuellement, plusieurs villages, forêts et sites sacrés ont disparu dans l'ensemble des régions du pays à cause de l'extension des activités minières, forestières et agricoles. Si certains sites sont encore sous le contrôle des autochtones, c'est grâce à leur fidélité à la tradition et à l'efficacité de leurs méthodes et techniques de sacralisation. En effet, leur violation peut conduire à l'isolement et à la mort. Ceci indique que la culture des sociétés traditionnelles des pays de l'Afrique de l'Ouest est loin de constituer un obstacle à la protection de l'environnement. Au contraire, elle a été garante des écosystèmes hydriques et forestiers qui fondent leur identité. Elle montre qu'il existe des possibilités de conservation aussi bien dans le but d'entretenir les diversités biologique et culturelle au niveau des forêts et mares sacrées qu'à des fins de production qui répondent à d'autres besoins et à l'environnement.

Par ailleurs, malgré les discours et la signature de la convention sur la biodiversité, les données des enquêtes montrent que les projets initiés par les pouvoirs publics et les experts sur lesquels s'appuie l'État intègrent peu les sites sacrés et les aspects socioculturels dans leurs études et évaluations environnementales. Or, en l'absence de reconnaissance du rôle de ces sociétés dans la protection de l'environnement et de leur responsabilisation dans les projets, celles-ci risquent avec la mondialisation de pâtir de politiques de conservation et de perdre tous les sites sacrés et leurs savoirs faire. La dégradation actuelle de la rônèraie, des mares et bosquets sacrés du site Ramsar de Tinkisso constitue des exemples. Pour relever le

défi, il est nécessaire de se départir de certaines considérations qui consistent souvent à minimiser l'importance des croyances, connaissances et pratiques traditionnelles de conservation, à assimiler les populations autochtones et locales à des pilleurs de ressources à marginaliser, à surveiller, à civiliser ou à des opposants au développement. Il faut au contraire tenir compte de leurs préoccupations, besoins, stratégies et capacités en instaurant un vrai partenariat pour faire converger connaissances modernes et traditionnelles dans la mise en œuvre des objectifs du développement durable. À ce propos, il faut rappeler qu'il y a eu des cas où les populations autochtones ont eu à embaucher des chercheurs qui ont accepté que les droits d'auteur sur les résultats leur reviennent (Baines, 1992). C'est dans ce contexte qu'un des gérants des mares et des forêts sacrées du site de Tinkisso a rappelé que : « *Il faut des sociétés sauvages pour protéger la nature sauvage de la modernité [...]* ». Pour ces communautés, plus l'Homme respecte la nature, plus celle-ci devient généreuse. La rupture du lien sacré entre ces deux mondes serait donc une source de déperdition écologique et de catastrophes naturelles. Ceci explique en partie l'holisticité de leur vision sur la problématique environnementale.

La protection de l'environnement est ainsi, indissociable des racines, de la psychologie, des stratégies, des expériences et de la dimension culturelle des acteurs. Ces valeurs constituent la force de soutien de leurs actions dans la conservation. Dans la recherche de solutions aux changements globaux, le lien Homme/Nature ne devrait donc pas être régi par un dualisme. Au contraire, il devrait se refléter dans la mentalité et l'action de chaque citoyen. Malheureusement, les études qui ont été menées jusque là intègrent peu les aspects socioculturels. L'étude d'impact environnemental programmatique de la cogestion des bassins et des forêts classées réalisée par Catterson *et al.* (2001), en constitue un exemple. Elle témoigne le peu d'importance accordée à la participation et aux questions d'importance culturelle comme le langage du sacré dans l'appréciation des logiques de conservation des sociétés traditionnelles. En effet, leurs stratégies ont toujours été développées par le biais de la sagesse, du sacré et de l'éducation traditionnelle relative à l'environnement de leurs confréries dans les couvents initiatiques. Celle-ci se manifeste à travers les différents

langages, les contes, les proverbes, les légendes, les mythes et interdits sociaux qui véhiculent souvent le visage du sacré et la morale qui influencent les comportements.

Ces éléments culturels représentent tout un savoir faire et constituent une des forces qui gouvernent les individus et guident leurs actions vis-à-vis du social et de l'environnement. Les évaluations environnementales ne devraient donc pas être fondées seulement sur les aspects techniques et économiques. Pour réussir la cogestion, il faut intégrer tous les aspects qui ont une importance particulière sur le plan culturel et qui favorisent la conservation et la cohésion sociale. Il peut s'agir des croyances et des religions, des pratiques coutumières, des formes d'organisation sociale comme les confréries traditionnelles, des systèmes d'utilisation des ressources naturelles y compris les modes d'utilisation des terres, des lieux présentant un intérêt sur le plan culturel (sites sacrés), des cérémonies rituelles, des langues, des systèmes de droit coutumier/traditionnel, des coutumes, des méthodes et techniques endogènes de conservation des ressources naturelles, etc. Il va de même des mythes, des légendes, des contes, des satires, de la musique et de l'art en tant que moyens efficaces de communication et d'éducation relative à l'environnement des sociétés traditionnelles. L'histoire du reboisement du marécage racontée par un des gardiens des mares sacrées, matérialise l'impact de ces éléments culturels sur les comportements des acteurs vis-à-vis de la nature. De plus, ces éléments culturels donnent souvent plus d'informations que peuvent dire ou écrire les gens.

Dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, les lieux de culte ont toujours été des musées naturels de conservation de la biodiversité, des écoles de formation des nouvelles générations, des lieux d'échange d'expériences entre savants locaux. Pour les membres du clergé par exemple, c'est dans les forêts fétiches que seraient développées par les savants locaux, les techniques d'envoûtement, de désenvoûtement et de sacralisation, ainsi que le transfert de l'énergie vitale sur les objets de culte pour discipliner leurs communautés. Il s'agit en général de sites naturels auxquels est accordée une importance particulière : tombes d'ancêtres, grottes, forêts, bois, galeries, etc. L'Homme y lit son passé, son présent et son avenir à partir d'un alphabet qu'apprend le novice pendant son initiation et tout au long de sa

vie. Il y apprend notamment à décrypter les messages qui fondent l'existence de la nature et sa propre existence, ainsi que l'ordre de la création des choses tel qu'il est raconté par sa culture (Djongang, 2004). Dans ces sites, chaque génération est tenue d'y passer, de les protéger et de les transmettre avec des valeurs ajoutées à la future génération. Cette reddition des comptes entraîne des comportements de modération envers la nature et ses composantes (Ibo, 2005).

Comme contribution de ces sociétés traditionnelles dans la conservation des ressources naturelles, Tahoux Touao (2002) mentionne à cet effet, plusieurs exemples :

- à Madagascar où les îlots forestiers qui contrastent avec les immenses étendues déboisées des plateaux centraux sont épargnés en vertu du caractère « fady » (sacré) que leur confère la présence d'un tombeau en leur sein;
- en Afrique de l'Ouest où les crocodiles du Nil se sont raréfiés partout sauf dans les mares sacrées où ils doivent la vie sauve, grâce à leur signification symbolique d'ancêtres réincarnés;
- en Côte d'Ivoire où la forêt sacrée de Zaïpobly joue cinq fonctions dans la vie du village : sépulture des anciens et des gestionnaires du site, réserve de faune et d'eau, réserve de plantes médicinales, école (lieu de formation et d'initiation) et lieu de réunions secrètes entre savants locaux;
- la forêt sacrée sillonnée par la rivière Ossun au Nigeria, une des divinités du panthéon Yoruba considérée comme patrimoine mondial de l'UNESCO et qui abrite des sanctuaires, des sculptures et des œuvres d'art érigés en l'honneur d'Ossun et d'autres divinités Yoruba;
- la lagune du littoral béninois, où la mangrove a été entièrement coupée, à l'exception des « bosquets fétiches ».

Dans ce dernier pays considéré comme le berceau du culte vodu, Kedowide (2002) soutient que la législation traditionnelle de conservation des ressources en eau est fondée sur

les croyances et pratiques endogènes de sacralisation des écosystèmes. Des sanctuaires symbolisant les divinités sont installés à l'intérieur des plans d'eau et des forêts et contribuent à leur protection. Ceci confère aux divinités tutélaires des ressources et au clergé un rôle prépondérant. Dans le domaine de la biocénose et de l'écologie, l'auteur note en outre, qu'un sanctuaire de l'île de Mitogboji sur le lac Ahémé installé au XVIII^e siècle, a permis la sacralisation de 50 ha de mangrove. Sous l'autorité du chef religieux, la pêche y est réglementée avec des périodes obligatoires de renouvellement de la ressource halieutique. La restauration et la préservation de ces sites sacrés et la valorisation de ces connaissances et pratiques traditionnelle de conservation conformément aux engagements des États dans la convention sur la biodiversité, sont essentielles au soutien de l'action environnementale des sociétés traditionnelles. En effet, ces actions assurent la transformation tangible du milieu et contribuent à l'émergence de compétences locales (Bracht et Gleason, 1990) et optimisent la relation personne-groupe social-environnement (Pruneau *et al.*, 1998).

4.5.3 Écosystème et santé dans le site Ramsar de Tinkisso.

Selon les données des enquêtes, les populations rurales sont confrontées à plusieurs maladies liées à la détérioration de la qualité de leur environnement. Si les plans d'eau et les zones humides sont indispensables à leur vie et épanouissement, ils présentent aussi des inconvénients du fait de l'existence de plusieurs maladies liées à l'eau favorisée par les projets de développement : déforestation, barrages hydroélectriques, aménagements agricoles, exploitation minière, utilisation des engrais, des pesticides et des espèces exotiques, etc. Le phénomène d'eutrophisation des cours d'eau, la contamination des argiles par les nitrates dans le site où est répandue la culture de rente du coton génétiquement modifié et la prolifération des vecteurs des maladies tropicales : onchocercose, bilharziose, dracunculose, trypanosomiase, paludisme, diarrhée, etc., témoignent le lien qui existe entre santé humaine et santé environnementale. Beaucoup de travaux de génie ou d'aménagement ne prennent pas en compte l'impact à court, moyen et long terme de leurs actions sur les grands équilibres naturels et les nombreux risques auxquels ils exposent les populations et la biodiversité. À cette situation s'ajoute le peu d'infrastructures sanitaires et de santé, d'approvisionnement en

eau potable, de traitement des eaux à l'aide de produits naturels locaux, d'étude et d'évaluation des impacts des projets qui sont autant de facteurs qui affectent la santé des populations et leur développement. En dépit de l'intervention des institutions internationales, l'éradication de ces maladies ne pourra être effective que si des mesures d'atténuation des impacts des projets sont prises en compte pour améliorer la qualité de l'environnement.

Cette prolifération des maladies a entraîné une forte pression sur la biodiversité. Les données sur les 126 plantes médicinales identifiées ont montré que 97% sont d'origine sauvage et plusieurs sont menacées de disparition par les feux de brousse, l'inadéquation des méthodes de prélèvement et de conservation, les multiples usages traditionnels d'une même plante. Les tableaux 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 et 4.5 montrent, en outre, que ces espèces identifiées répondent à la fois aux besoins alimentaires, sanitaires, fourragers, énergétiques, spirituels et en traitement des eaux et des maladies générées par les projets. Grâce aux connaissances des guérisseurs sur l'environnement et sur cette biodiversité, ces derniers ont pu décontaminer les points d'eau, traiter les maladies liées à l'eau, soigner et nourrir leur bétail à l'aide de produits naturels (argiles et plantes). Plusieurs données des enquêtes présentées dans les tableaux précédents sont en accord avec les données scientifiques. C'est le cas par exemple des données sur *Balanites aegyptiaca* (L.), utilisé en alimentation humaine et animale et dans la décontamination traditionnelle des points d'eau. D'après Pousset (2004), toutes les parties de la plante contiennent des saponosides stéroïdiques, des terpènes et des stérols. Au Soudan un extrait aqueux de la pulpe du fruit donné à des chèvres contaminées par la douve du foie *Faciola gigantica* se serait montré aussi efficace que le produit commercialisé d'albendazole. Pour l'auteur, l'activité anti-ictérique provient de l'extrait de l'écorce et la plante possède des propriétés anti-inflammatoires et molluscicides. Parlant de la même plante, Von Maydell (1983) note que le fruit vendu sous le nom de dattier sauvage, contient 40% d'huile (zachun-oil) comestible. Un détergent riche en saponine serait tiré des racines, des fruits et des fibres du liber. L'émulsion des fruits fournirait un poison contre les escargots d'eau douce qui servent d'hôte intermédiaire à la bilharziose, contre les larves de ce parasite, ainsi que contre les mouches Cyclops, vecteurs du ver de Guinée ou *Dracunculus medinensis*. Toujours selon Von Maydell (1983), les principes actifs les plus communs de la plante sont des saponosides

et des saponines qui se dégradent rapidement. À la différence des pesticides, ils perdraient leur toxicité en quelques jours. Ces données scientifiques proviennent de la valorisation des connaissances traditionnelles. En impliquant les chercheurs dans cette voie et en utilisant de telles plantes dans les projets de restauration des bassins, il est possible de protéger la biodiversité, de lutter contre les espèces exotiques et les maladies générées par les projets dans le site Ramsar de Tinkisso. De telles recherches peuvent favoriser, en outre, la production au niveau local de coagulants, des adsorbants et des désinfectants naturels efficaces, économiques et compatibles avec les cultures locales et l'environnement.

Les données du tableau 4.5 montrent que même s'il n'existe pas de tradition de potabilisation des eaux à l'aide de produits naturels locaux, certaines espèces utilisées en traitement des eaux comme *Moringa oleifera* existent. Par ailleurs, l'utilisation par les guérisseurs traditionnels de décoction de plantes identifiées pour décontaminer les points d'eau infectés par les vecteurs des bilharzioses, de l'onchocercose et de la dracunculose, constitue une pratique à valoriser et représente une nouvelle vision du traitement des eaux à l'aide des produits naturels. Elle ouvre une piste de recherche de désinfectants naturels capables de remplacer les pesticides non biodégradables qui affectent actuellement l'environnement et la santé des populations riveraines et des écosystèmes. De plus, leur utilisation dans la restauration des bassins est particulièrement importante dans la lutte contre les espèces exotiques déjà introduites dans le site : *Cassia siamea*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Acacia spp.* et *Gossypium*. Pour réussir dans la cogestion, les plans d'aménagement devraient ainsi équilibrer à la fois les préoccupations, les besoins socio-économiques, sanitaires et spirituels de la population et les besoins de conservation comme dans le cas de la rôneraie endémique des autochtones du site. Ce souhait a été exprimé par les participants aux enquêtes, en particulier des femmes qui ont une connaissance holistique sur les espèces qu'elles utilisent pour subvenir aux besoins des familles (karité et néré par exemple).

Dans le cas des argiles, les données des enquêtes montrent qu'elles ont une grande importance pour les communautés. Celle-ci se manifeste à travers leurs multiples usages en alimentation et médecine humaine et animale et dans les rites. Toutefois, leur consommation

surtout par les femmes en attente de maternité et stériles qui abusent de leur usage (plus d'un kilogramme par semaine) n'est pas sans risques pour leur santé. Ceci même si 54% des 150 femmes interrogées affirment connaître mieux les symptômes de leurs maladies et l'objectivité de leur efficacité suite à la disparition des douleurs. Le danger provient en partie de la détérioration de la qualité de l'environnement des lieux de prélèvement et de leur contamination dans la chaîne de vente et de conservation (dans les cuisines par exemple où elles sont exposées aux fumées). Par ailleurs, les résultats des tests préliminaires ont montré que plusieurs échantillons sont contaminés par les nitrates. Ceci a conduit à l'hypothèse qu'elles peuvent enlever les nitrates des eaux. L'eutrophisation de certains cours d'eau et ce qui précède pourraient témoigner de l'impact des activités agricoles sur l'environnement suite à l'utilisation abusive d'intrants chimiques dans la culture de rente du coton. Il apparaît que cette pollution par les nitrates pourrait aussi présenter des risques d'explosion des espèces exotiques introduites. De plus, la présence de sulfure dans les eaux de certains puits et forages et la mort de poissons dans certains cours des sites aurifères laissent présager une contamination des eaux par les métaux lourds. Des évaluations des impacts des activités minières, agricoles et forestières sont ainsi essentielles pour une prise de mesures d'atténuation. De là découle l'importance des connaissances traditionnelles et la nécessité de leur valorisation et mise en synergie avec les connaissances modernes pour protéger la santé humaine et des écosystèmes.

4.5.4 Utilisation des argiles et des plantes pour la fixation du bétail

Selon les données des enquêtes, en plus des usages en médecine humaine et en traitement des eaux, une autre façon de valoriser les argiles, consiste à leur utilisation avec les plantes fourragères et médicinales dans l'alimentation et la santé animale pour augmenter la productivité, lutter contre la pauvreté et aider à fixer le bétail afin de réduire ses impacts sur les bassins versants. Cet élevage de prestige constitue en effet, une des principales activités des communautés, ce qui explique leurs connaissances en argilothérapie et phytothérapie traditionnelles. Malgré les apports positifs de la médecine moderne, cette médecine traditionnelle des éleveurs n'a pas disparu et cela pour différentes raisons. La première résulte

de la fréquence relativement importante des effets alimentaires et curatifs de la phytothérapie et de l'argilothérapie comme démontré dans plusieurs publications (Duval, 1993; Van Puyvelde *et al.*, 1985; Ousterhout, 1967, etc.). Les conditions socio-économiques, la rareté grandissante des produits pharmaceutiques et les prix qu'ils atteignent, favorisent également le maintien des soins traditionnels (Chinemana *et al.*, 1985).

Les connaissances des éleveurs peuls sont assez remarquables dans ce domaine en tant que fruit d'expérimentations répétées, aux résultats parfois catastrophiques qui ont constitué au fil des siècles un savoir de guérir, un art dont il est urgent de saisir et de préserver la connaissance (Byavu *et al.*, 2000). Pour ces auteurs par exemple, des enquêtes menées au Burundi auprès de 27 guérisseurs traditionnels, ont permis la récolte de 791 plantes se répartissant en 158 espèces appartenant à 55 familles et qui interviennent dans 467 préparations permettant de soigner, prévenir et ou de conjurer 40 symptômes. L'art vétérinaire et la pharmacopée traditionnelle sont ainsi au centre de préoccupations de plusieurs chercheurs comme Bâ (1994) qui s'est intéressé aux peuls, et Anon (1996) selon lequel, une équipe de 40 personnes (vétérinaires, agronomes, éleveurs, tradipraticiens, etc.) a pu traiter 60 maladies et affections pour le Kenya selon 12 thèmes qui abordent les modes de préparations des matériaux ainsi que leur mode d'application.

Pendant les enquêtes, il a été constaté dans ce domaine, que les éleveurs utilisent *Acanthospermum hispidum* DC pour soigner les plaies des animaux, les fruits d'*Adansonia digitata* pour la fumigation dans les parcs contre les insectes hématophores, la poudre et les pâtes des graines et du fruit d'*Annona squamosa* et d'*Annona senegalensis* pour soigner les plaies et lutter contre les insectes en frottant la pâte sur le corps de l'animal, *Azadirachta indica* comme pesticide et répulsif d'insectes, *Acacia albida* pour faciliter l'accouchement humain et animal, *Moringa oleifera*, *Acacia albida* et les argiles locales comme aliments et déparasitant du bétail, etc. De même, *Balanites aegyptiaca* qui est reconnu être aussi efficace que les produits commercialisés dans la lutte contre la douve du foie *Faciola gigantica* des ruminants est utilisé contre les escargots d'eau douce qui servent d'hôte intermédiaire à la

bilharzie, contre les larves de ce parasite ainsi que contre les mouches Cyclops, vecteurs du ver de Guinée ou *Dracunculus medinensis* (Pousset, 2004).

Une étude pertinente pour valoriser ces connaissances traditionnelles, établir l'inventaire des argiles, des plantes médicinales et fourragères utilisées, signaler les organes concernés, les modes de préparation et les doses préconisées en fonction des maladies reconnues dans les différentes régions du pays est nécessaire. Carrière (1994) a publié à cet effet, un document intéressant portant sur les plantes de Guinée à l'usage des éleveurs et des vétérinaires. La bibliothèque du savant guinéen Souleymane Kanté est encore plus riche. Des recettes traitant plus de 314 maladies tropicales y sont consignées. La poursuite de telles études et la valorisation du savoir traditionnel et des produits naturels identifiés dans le cadre de cette étude, pourraient permettre l'amélioration de la ressource en eau au niveau bassin versant à travers les programmes de reboisement et la fixation du bétail dans des parcs comme cela avait été pratiqué dans le passé. Les données des enquêtes montrent en effet, que les populations ont les connaissances, les capacités et la volonté pour reboiser, protéger et gérer durablement des forêts communautaires nécessaires à leurs systèmes particuliers. Au cours des promenades avec les bergers par exemple (figure 4.2), il a été constaté que ces derniers ont su gérer des aires forestières en parcourant parfois un domaine étendu avec leurs animaux et en préservant autant que possible certaines aires de pâturage et en maintenant toujours en vie une gamme étendue d'espèces de plantes. De plus, ils s'intéressent à la diversité des fourrages disponibles et à leurs propriétés sanitaires et nutritionnelles suivant les espèces animales. En délimitant ainsi des aires de production et de fixation du bétail dans des parcs, les déjections animales pourraient en plus, diminuer l'usage des engrais et améliorer la structure des sols dégradés et les rendements agricoles comme dans le cas des tapades au Foutah Djallon.

4.5.5 Cogestion du bassin de Tinkisso et de sa forêt classée et lutte contre la pollution de la ressources en eau à travers le reboisement

Au vu des données des enquêtes, il apparaît que pour garantir son rôle de château d'eau de l'Afrique de l'ouest, il est essentiel de consolider et d'agrandir le système de réserve forestière du pays. Ceci nécessite la préparation d'un plan national de cogestion, la réalisation de sondage légal pour appréhender les enjeux, la formation du personnel, l'harmonisation des systèmes de conservation traditionnel et moderne à travers la concertation et l'échange d'expériences avec les savants locaux. Le besoin immédiat devrait consister à mener des études pluridisciplinaires et des évaluations environnementales des grands projets miniers, forestiers et agricoles, à renforcer la législation et les capacités institutionnelles, à sensibiliser davantage l'ensemble des acteurs sur l'importance de la protection des ressources en eau et forestières et la nécessité de la lutte contre les invasions biologiques. Dans cette perspective, le reboisement des bassins versants à l'aide d'espèces locales de valeurs communautaires constitue l'un des enjeux majeurs.

Par ailleurs, la mise en place de périmètres de protection des zones humides, des principaux cours d'eau et des zones de captage d'eau destinée à la consommation humaine devrait être une obligation légale. Les haies et les galeries forestières autour des ressources en eau empêchent non seulement leur envasement, mais aussi leur pollution par les engrais (nitrates, phosphates) et autres produits. Dans ces zones, ces produits sont absorbés durablement par les arbres et/ou dénitrifiés par les micro-organismes dont l'activité est favorisée au pied des haies (Caubel-Forget *et al.*, 2001). Ces haies intermédiaires entre les versants souvent cultivés et les bas-fonds, en plus de servir comme brise-vent et de barrière antiérosive, fournissent de meilleurs abris et habitats de reproduction, de nidification et d'alimentation pour les oiseaux et toutes les communautés aquatiques. Les capacités épuratrices des zones humides, en particulier vis-à-vis des nitrates ont été largement étudiées (Peterjohn et Correl, 1984; Hill, 1996). Ce rôle épurateur des eaux des zones humides protégées a toujours favorisé la fourniture en eau potable parfois sans traitement à plusieurs villes du monde. À rappeler qu'avant la détérioration de la qualité de l'environnement, le

barrage de Tinkisso avait toujours assuré l'approvisionnement de la ville de Dabola en eau potable sans traitement.

Pour ces raisons, les départements ministériels, les écoles, les communautés, les compagnies minières et forestières, les agriculteurs, les charbonniers, les scieurs, les propriétaires de briqueteries traditionnelles, les ONG, les chercheurs et les communautés devraient être organisés sur des bases réalistes afin qu'ils s'investissent davantage dans le reboisement des zones dégradées comme cela avait été pratiqué dans le passé après la sécheresse qui avait secoué la sous région. En outre, dans beaucoup de pays, des améliorations d'ordre politique, technique et législatif ont apporté des effets positifs, et ce notamment dans les régions exploitées par les multinationales. Il s'agit par exemple de l'utilisation de procédés moins exigeants en produits chimiques, de l'amélioration de la sécurité des bassins, de la construction d'unités d'épuration des rejets miniers, du recyclage des eaux usées, de la réduction des risques de pollution à travers la mise en place de partenariat dans le domaine de la recherche et du développement, la création de réseaux de prévention, etc. La stratégie de lutte contre l'érosion des sols, devrait ainsi s'appuyer sur la restauration des zones dénudées, la responsabilisation des parties prenantes, la fourniture d'essences locales appropriées (comme celles identifiées) fondée sur les connaissances et besoins locaux et la création de pépinières villageoises dans le but de responsabiliser les communautés. De telles stratégies peuvent permettre de valoriser leurs connaissances écologiques et de satisfaire leurs besoins alimentaires, médicales, fourragères, énergétiques, spirituels et en traitement des eaux et des maladies. Ceci est gage de succès de l'autogestion et de la cogestion des écosystèmes des terroirs villageois.

En savane guinéenne par exemple de nombreux fruits sauvages sont consommés et vendus par les populations rurales. Leur culture avec les plantes médicinales et leur introduction en agroforesterie et en foresterie à la place d'espèces exotiques est essentielle. Dans le cas de Tinkisso, la région dispose d'une huilerie et d'un barrage hydroélectrique affecté par l'envasement. Pour relancer les activités économiques, la présente étude montre qu'il existe une tradition et une volonté populaire de conservation des ressources et de

restauration de l'ensemble du bassin (rônèraies et forêt humide). La relance de la culture arachidière par exemple avec celle du karité, du *Moringa oleifera* et des autres plantes oléagineuses identifiées et testées dans le cadre de cette étude, pourrait permettre l'approvisionnement de l'huilerie en matières premières, l'amélioration des conditions de vie des populations, la production de tourteaux pour l'alimentation et la fixation du bétail, ainsi que pour le traitement des maladies et des eaux à l'échelle familiale et industrielle à l'aide des graines et des tourteaux de *Moringa* par exemple.

4.5.6 Production de coagulants et d'adsorbants naturels locaux

En accord avec les données des enquêtes, il existe au niveau local des possibilités de production de coagulants, d'adsorbants et de désinfectants naturels. En effet, en plus de la décontamination des points d'eau, il faut rappeler que la plupart des polyélectrolytes utilisés traditionnellement et très récemment dans le traitement de l'eau de ces pays provient des plantes dont les plus importantes ont été décrites par Jahn et Dirar (1979), Jahn (1988a), Grabow *et al.* (1985), Sutherland *et al.* (1989), Ndabigengesere *et al.* (1995), etc. C'est le cas de la famille des *Moringaceae* qui constitue une source importante de matières coagulante, désinfectante, alimentaire, fourragère et médicinale. En Guinée, la plante existe presque dans la plupart des régions. L'usage des graines, des tourteaux ou de son huile en traitement des eaux est toutefois méconnu des populations. Dans la vallée du Nil, les femmes pour purifier leur eau dans les jarres, mélangent la poudre des graines de *Moringa oleifera* avec de la bentonite. Il est reconnu que les familles qui traitent l'eau avec l'argile de type bentonite et les matières d'origine végétale semblent avoir de faibles perturbations gastro-intestinales (Lund et Jahn, 1980). *Moringa oleifera*, tout comme les argiles de type bentonite contribue également à la clarification de l'eau et à l'élimination des micro-organismes pathogènes (Olsen, 1987). La valorisation des espèces et argiles locales identifiées dans ce domaine pourrait alléger les importations de coagulants chimiques et réduire les maladies liées à l'eau.

4.6 Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que les projets de développement prennent peu en compte le social, le culturel et l'environnement. La participation est utilisée comme un simple slogan pour réduire les coûts des projets sans partage des responsabilités et des bénéfices. Ces faits sont source de nombreux cas de déficits, de détournement, de conflits domaniaux, de désintégration des structures d'interface et de retour à des pratiques d'extraction non durables qui affectent l'environnement. Le développement précipité d'un modèle général de cogestion des bassins et des forêts et de son transfert d'une zone à une autre résulte de la crise environnementale engendrée. Cependant, la prévalence de la logique économique, le peu de démocratie, de décentralisation, de prise en compte de la diversité de situations écologiques, socioéconomiques et culturelles sur le terrain et des interactions entre parties prenantes et éléments naturels risquent de rendre cette généralisation dangereuse et peu durable en particulier dans les zones encore sous contrôle autochtone. Les experts sur lesquels s'appuie l'État pour améliorer la situation ont de la difficulté à intégrer l'environnement, le social et le culturel, ainsi que les espèces indigènes, les connaissances et pratiques de conservation des forêts et mares sacrées des sociétés traditionnelles dans leurs démarches. De plus, ils contribuent peu à l'amélioration des cadres juridiques et institutionnels et à la formation du personnel.

Or, avec le peu de reconnaissance du rôle de ces sociétés et de leurs sites sacrés dans la conservation des diversités biologique et culturelle depuis la colonisation et de la nécessité de leur responsabilisation dans les projets, celles-ci ont tendance avec la mondialisation, à pâtir de politiques de conservation, à accentuer les pressions et à perdre tous leurs savoirs et savoirs faire avec les écosystèmes qui ont façonné leurs identités et cultures. Bien qu'il y ait eu un certain nombre de révisions des textes législatifs, des directives de politique et de déclarations, les termes, les conditions et les procédures à appliquer n'ont pas été clarifiés et les destinataires des politiques n'ont pas été responsabilisés. L'application de politiques héritées de la colonisation et calquées des législations modernes favorise peu l'intégration des connaissances, pratiques et espèces indigènes dans la mise en œuvre de la gestion durable

des ressources. Celle-ci devrait être perçue non pas comme une simple relation entre État et marché, mais comme un processus complexe entre État, marché et population qui respecte le social et l'environnement et qui exige pour sa mise en œuvre, des étapes progressives et soigneusement étudiées avec l'ensemble des parties prenantes. Ceci nécessite entre autres, la responsabilisation et la restitution des terres aux pauvres, la reconnaissance et la valorisation des structures, connaissances, pratiques et espèces indigènes et la nécessité d'adresser ce qui ne doit pas être fait, ce qui doit être fait, quand, comment et par qui. Tout cela exige la participation du public et des études participatives et pluridisciplinaires dans lesquelles sociologues, ethnologues, savants locaux et partenaires au développement ont un rôle déterminant à jouer pour aboutir à une cogestion viable des ressources hydriques et forestières de l'Afrique de l'Ouest qui ont façonné l'identité culturelle des sociétés traditionnelles.

La conduite des activités dans cette direction devrait se traduire par la reconnaissance du rôle des confréries dans la cogestion des bassins. En effet, les données obtenues sur leurs connaissances, pratiques et croyances, montrent qu'elles sont riches en matière de conservation et de résolution des conflits qui affectent les ressources. Ceci se matérialise à travers les cultes rendus à l'eau, aux plantes, aux animaux, aux minéraux et aux forêts et mares sacrées qui conservent encore leur biodiversité originelle. Grâce à leurs savoirs millénaires transmis et améliorés de génération en génération, elles ont pu se doter de structures et de méthodes de conservation à la fois efficaces, économiques et durables. Aujourd'hui, seuls les écosystèmes sacralisés contribuent à la protection des diversités biologique et culturelle. Leur cogestion avec l'administration et les institutions d'aide au développement a conduit à leur transformation en stations de production piscicole et rizicole et à la perte de la culture des populations autochtones.

Ces pratiques sont contraires aux objectifs de la coopération et des conventions sur l'environnement. La survivance des forêts et mares sacrées aurait contribué au développement du tourisme de nature, à la conservation de leur biodiversité originelle, à la formation pluridisciplinaires et à l'éducation relative à l'environnement des confréries

traditionnelles. Le caractère originel des sites sacrés montre que la protection de l'environnement n'est pas que technique. Elle exige à la fois des connaissances et des pratiques tant modernes que traditionnelles et la participation de tous les citoyens à l'œuvre commune de conservation. En outre, les données des enquêtes montrent que les promoteurs des projets lient peu la santé humaine à la santé des écosystèmes. L'introduction de nouvelles espèces exotiques, la présence de sulfure et de nitrates dans les eaux du site, les drainages miniers (acides) et agricoles sans traitement, la mort des poissons dans les cours d'eau, la contamination des argiles par les nitrates et la prolifération de vecteurs de maladies avec les projets constituent des exemples dans ce domaine. Ceci témoigne le peu d'études et d'évaluation des impacts des activités forestières, minières et agricoles.

Par ailleurs, contrairement aux espèces exotiques utilisées dans la restauration des bassins, les huit argiles à usages internes et externes et les 126 espèces de plantes indigènes identifiées auprès des guérisseurs, amélioreraient l'alimentation et la santé humaines et animales et permettraient la décontamination des points d'eau infectés par les vecteurs des bilharzioses, de l'onchocercose, du dracunculose, ainsi que le traitement des eaux et autres maladies générées par les projets. Les connaissances des populations en argilothérapie et phytothérapie montrent, en outre, que leur valorisation avec les produits naturels identifiés peuvent permettre la fixation du bétail pour réduire ses impacts sur les bassins en contribuant à la réduction de la mortalité et à l'augmentation en poids et en lait du bétail. Concernant les multiples usages de la biodiversité de la zone d'étude, les enquêtes ont révélé l'existence d'une riche littérature dans les différentes langues nationales où est consigné un savoir millénaire des savants locaux encore marginalisé. Son exploitation et sa valorisation permet selon les enquêtes, d'établir l'inventaire de la biodiversité, des argiles, des plantes médicinales, alimentaires et fourragères, de signaler les espèces menacées, les organes concernés, les modes de préparation et les doses préconisées en fonction des maladies reconnues dans les différentes régions du pays pour leur intégration dans la restauration des bassins et des forêts dégradés.

Par ailleurs, l'utilisation de décoction et de poudres de plantes pour décontaminer les points d'eau, représente une nouvelle vision du traitement des eaux à valoriser. Elle ouvre avec les multiples usages de *Moringa oleifera*, des argiles locales et des autres plantes identifiées, une nouvelle piste de recherche de pesticides, de produits alimentaires et thérapeutiques, de coagulants, d'adsorbant et de désinfectants naturels capables de remplacer les coagulants chimiques et les pesticides non biodégradables utilisés actuellement. Cependant, la lutte contre la pollution et l'éradication des maladies générées par les projets ne pourront être effectives que si des mesures d'atténuation efficaces sont prises pour améliorer la qualité de l'environnement. Le besoin immédiat consiste à mener des études pluridisciplinaires et des évaluations des impacts des grands projets, à renforcer les capacités institutionnelles et les cadres juridiques et à sensibiliser davantage l'ensemble des acteurs sur les espèces exotiques et leurs impacts. Les programmes de reboisement devraient ainsi s'appuyer sur la fourniture d'essences locales appropriées fondée sur les connaissances et besoins locaux comme celles identifiées et la création de pépinières villageoises dans le but de responsabiliser les communautés, de valoriser leurs connaissances écologiques et de satisfaire leurs besoins alimentaires, médicales, fourragers, énergétiques, spirituels et en traitement des eaux et des maladies. De telles stratégies et l'efficacité des techniques de sacralisation des écosystèmes des sociétés traditionnelles sont gage de succès de la cogestion des bassins et des forêts. Les prochains chapitres seront consacrés à l'enlèvement des nitrates, de la turbidité et de la couleur des eaux générés par les activités minières et agricoles du site à l'aide des produits naturels identifiés. Les résultats permettront ainsi de montrer l'importance de l'utilisation et de la valorisation des produits naturels locaux par rapport aux produits exotiques dans la protection de la santé humaine et des écosystèmes.

CHAPITRE V

ENLÈVEMENT DES NITRATES À L'AIDE DE PRODUITS NATURELS LOCAUX

La contamination des eaux de surface et souterraines par les nitrates affecte la santé humaine et des écosystèmes en Afrique. L'utilisation incontrôlée des intrants chimiques (engrais et pesticides) dans les cultures de rente est très répandue dans les principaux bassins fluviaux. En Guinée cette problématique est bien présente aussi bien en zones urbaines où l'assainissement est médiocre, qu'en zones rurales (site Ramsar de Tinkisso) où sont répandues les cultures de rentes du coton génétiquement modifié et des OGM. Si les populations du site ont réussi à traiter et à décontaminer les points d'eau infectés par les vecteurs des bilharzioses, de l'onchocercose et de la dracunculose et à lutter contre plusieurs autres maladies liées à l'eau à l'aide de produits naturels locaux, ce n'est pas le cas avec les nitrates. Ce chapitre vise à montrer que l'utilisation et la valorisation des espèces indigènes dans les projets de restauration des bassins et des forêts par rapport aux espèces exotiques peut être aussi une source de production de coagulants, d'adsorbants et de désinfectants naturels efficaces, économiques et compatibles avec les cultures locales et l'environnement. Il présente les résultats des tests d'enlèvement des nitrates par les argiles locales, les graines de *Moringa oleifera*, de *Tamarindus indica*, d'*Anacardium occidentale*, de *Terminalia cattapa* et la pulpe des graines d'*Adansonia digitata*. Leurs multiples usages en alimentation humaine et animale, en médecine traditionnelle et en agroforesterie justifient leur non toxicité et acceptation culturelle et favorisent leur utilisation dans les programmes de reboisement et de potabilisation des eaux polluées des sources d'approvisionnement.

5.1 Introduction

En Afrique, à cause de l'intensification des apports des activités agricoles, industrielles et domestiques (rejets non traités) et du peu d'infrastructures de traitement des eaux et de prise de mesures d'atténuation des impacts, la concentration des nitrates dans les eaux de surface et souterraines augmente d'année en année. Dans la plupart des pays, les niveaux de concentrations dans les sources d'approvisionnement dépassent la concentration de 10 mg-N/L de nitrate recommandée par l'OMS (2006). Peu de mesures préventives sont mises en

œuvre pour lutter contre la pollution au niveau des cultures de rente dans les principaux bassins versants et en zones urbaines où l'assainissement est en général peu assuré. Dans de telles situations, des solutions préventives et curatives devraient être mises en œuvre pour atténuer les impacts et aider les populations rurales et périurbaines confrontées aux maladies, à la pauvreté et à la dégradation de leur environnement. Parmi les mesures préventives de lutte contre la pollution ponctuelle et diffuse, il faut citer la protection des cours d'eau, des têtes de source et des zones de captage par la mise en place de périmètres boisés de sécurité dans lesquels les activités humaines potentielles sont interdites et bien règlementées.

L'amélioration de la qualité des ressources en eau en amont constitue une stratégie viable. Comme il existe des sources polluées et non polluées en zones rurales et urbaines, le recours à des solutions palliatives est souvent souhaitable. Celles-ci consistent au mélange de l'eau de source chargée en nitrates avec celle d'une autre qui n'en contient pas ou qui contient peu de nitrates de manière à obtenir un mélange dont la concentration satisfait la valeur recommandée par l'OMS. Ce type de solution temporaire ne permet pas de traiter la pollution. Lorsque les solutions préventives et palliatives ne sont pas envisageables, des procédés de traitement doivent être mis en œuvre. Parmi ces procédés se trouvent les traitements biologiques et physicochimiques qui comprennent l'échange d'ions et les procédés membranaires (osmose inverse, nanofiltration, électrodialyse). La dénitrification biologique repose sur le recours à des bactéries essentiellement de la famille des *Pseudomonas* qui utilisent les nitrates à la place de l'oxygène de l'air en les transformant en azote gazeux. Comme conditions d'exploitation, elle exige un milieu anoxique (sans oxygène), un renouvellement de la source de carbone organique, un apport de phosphore, un mélange homogène du système, une température déterminée et un personnel qualifié. Ce type de procédé est généralement utilisé pour le traitement secondaire des eaux résiduaires urbaines et industrielles pour enlever les composés carbonés solubles et dont l'élimination par voie physico-chimique est peu efficace et difficile à mettre en œuvre. Ces composés sont en général nocifs pour l'environnement. Leur dégradation dans les sources contaminées implique la consommation de l'oxygène du milieu qui est nécessaire à la survie de la faune.

Les procédés membranaires (osmose inverse, nanofiltration, électrodialyse) utilisent une membrane semi-perméable qui retire un grand nombre d'ions inorganiques incluant les nitrates et les nitrites en modifiant la qualité initiale de l'eau. Cette modification est souvent considérée comme source de troubles gastriques. Des prétraitements sont aussi nécessaires pour éviter le colmatage des modules. De plus, les rejets sont en général concentrés. Quant à la dénitratisation par échange d'ions, elle consiste à transférer des ions indésirables de l'eau brute (nitrates) sur un support insoluble appelé échangeur d'ions qui les capte et libère en contrepartie une quantité équivalente d'ions (chlorure) dont la présence n'est pas gênante. L'échangeur d'ions possède toutefois, une capacité d'échange limitée et doit être régulièrement régénéré par une solution fortement concentrée d'ions choisis. Comme alternative à ces procédés souvent complexes, coûteux et inaccessibles aux populations démunies en zones rurales et périurbaines des pays en développement, la présente étude vise à montrer qu'il est possible d'enlever les nitrates avec les produits naturels locaux identifiés. Les produits testés ont été les argiles locales, les graines de *Moringa oleifera*, de *Tamarindus indica*, d'*Anacardium occidentale*, de *Terminalia cattapa* et la pulpe des graines d'*Adansonia digitata*. Les critères de leur choix ont porté sur la non toxicité des graines, les multiples usages qu'en font les populations (alimentation humaine et animale, santé, rites, agroforesterie, etc.) et les propriétés universelles que possèdent en général les produits naturels par rapport aux produits chimiques : coagulants, adsorbants, désinfectants, échangeurs d'ions, etc. Dans le cas des argiles, leur caractérisation a été nécessaire avant de les tester pour l'enlèvement des nitrates.

5.2 Caractérisation des argiles locales

5.2.1 Tests d'appréciation de la contamination des argiles par les nitrates

Pendant les enquêtes, plusieurs échantillons d'argile commercialisés et utilisés à des fins thérapeutiques (usages internes et externes) ont été prélevés. Toutefois, lors des tests de démonstration de la présence des nitrates dans les eaux des sources d'approvisionnement et de ces argiles, il est apparu que la pollution par les nitrates était bien présente dans les deux

cas. Certaines argiles relarguaient avec le temps des nitrates dans l'eau minérale après ajout et agitation d'une quantité des différents échantillons. Les résultats des tests réalisés au laboratoire avec l'eau de forage sont présentés dans le tableau 5.1

Tableau 5.1 Relargage des nitrates par les argiles après agitation à 150 rpm, lors du traitement de l'eau de forage contenant 11,1 mg-N/L de nitrates

Argile	Durée d'agitation	0 min.	30 min	60 min	moyenne	Augmentation
	mg/L argile	mg-N/L de nitrate				%
AK	100	11,1	14,8	15,8		
	100	11,1	13,4	15,9	15,6	40,5
	100	11,1	13,8	15,2		
ABM	100	11,1	16,9	21,9		
	100	11,1	17,3	22,6	22,3	101
	100	11,1	17,5	22,2		
ATA	100	11,1	17,1	20,9		
	100	11,1	18,6	21,3	21,2	99
	100	11,1	18,8	21,5		
AJ	100	11,1	14,1	17,9		
	100	11,1	13,5	18,2	18,2	64
	100	11,1	13,8	18,6		

AK = Argile de la carrière de Kindia; ABM = Argile Blanc-Marron commercialisée, ATA = Argile de la carrière de Tanéné; AJ = Agile Jaune commercialisée.

Ces résultats ont conduit à l'hypothèse que ces argiles peuvent enlever les nitrates des eaux contaminées. Les tests avec de l'eau minérale ont ainsi permis de les classer en deux groupes : contaminés et non contaminés par les nitrates. Les argiles non contaminées ont servi aux tests d'enlèvement des nitrates, de la turbidité et de la couleur des eaux polluées de puits et de marigot (chapitre VI). L'utilisation des eaux contaminées pour les préparations des

aliments a conduit à l'étude de l'effet de la température qui a montré que le chauffage de ces eaux contribuait aussi à cette augmentation. Ainsi, après chauffage jusqu'à l'ébullition des échantillons de un litre d'eau de puits et de forage, suivi de prélèvement et de refroidissement jusqu'à 25°C et de filtration, les tests ont donné les résultats présentés au tableau 5.2.

Tableau 5.2 Effet de la durée d'ébullition sur la concentration des nitrates dans les eaux contaminées de puits et de forage

Ébullition		Durée en minutes					Augmentation
Source	25°C	0 min	5 min	10 min	15 min	30 min	%
mg-N/L de Nitrate							
Puits	16,6	17,5	18,0	20,0	25,1	42,0	153
Puits	13,0	13,5	14,5	16,3	20,0	32,5	150
Forage	6,0	8,1	9,8	11,6	13,7	16,9	182
Forage	10,0	11,1	17,7	20,9	25,6	32,0	220

Cet accroissement pourrait être imputable à l'évaporation (inférieure à 100 mL dans les conditions expérimentales : béchers de 1 litre couverts par un verre de montre) et à la désorption des nitrates adsorbés par les fines particules argileuses contenues dans les eaux. En effet, le gâteau formé sur les filtres était significatif. Selon les résultats présentés dans les tableaux 5.1 et 5.2, l'utilisation d'eau trouble et contaminée par les nitrates pourrait présenter des risques de santé publique. Ils pourraient aussi corroborer les informations de 45% des 150 femmes enquêtées qui estiment que la consommation abusive de ces argiles par les femmes en attente de maternité était cause de mort de leur enfant. La détermination de leur capacité à enlever les nitrates pourrait éclairer en partie cette situation. En outre, à cause des drainages miniers et agricoles qui affectent la turbidité, la couleur et la qualité des eaux des différents cours d'eau du pays, la mesure de leur pH a été nécessaire pour apprécier l'effet que pourrait avoir ce paramètre sur leur comportement vis-à-vis des nitrates.

5.2.2 Mesure du pH des argiles selon la méthode TCLP (toxicity characteristic leaching procedure).

L'intensification des activités d'exploitation des mines d'or avec les drainages acides et la présence de sulfure dans les eaux du site de Tinkisso, ont conduit à la détermination du pH des argiles. Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau 5.3.

Tableau 5.3 pH des argiles mesurés selon la méthode TCLP (toxicity characteristic leaching procedure)

Désignation	Couleur	pH	État	Usages locaux
AJ	Jaune	5,30	Roche	Commercialisées et consommées directement pour des raisons de santé.
AJS	Jaune-S	3,80		
ABM	Blanc-M	5,00		
AB	Blanche	6,00		
ATA	Blanche	6,00	Poudre	Argiles des carrières de sable utilisées contre les diarrhées des enfants et les préparations galéniques avec des parties de plantes médicinales.
ATO	Jaune	5,60		
ATI	Jaune	5,90		
AK	Blanche	6,00		

S = Sombre; M = Marron; AJS = Argile Jaune-Sombre commercialisée; AB = Argile Blanc commercialisée; ATO = Argile de la carrière de Torobhè; ATI = Argile de la carrière de Timbo; AK = Argile de la carrière de Kindia.

Tenant compte de ces résultats et du fait que les mesures du pH des eaux de surface et souterraine du site ont donné des valeurs de pH inférieures à 6 (chapitre VI), il est possible d'admettre comme sous hypothèse, que ces valeurs de pH favorisent la rétention des nitrates

par ces argiles locales. Leurs compositions chimiques ont été déterminées par adsorption atomique (AA), fluorescence aux rayons X (XRF) et diffraction aux rayons X (XRD).

5.2.3 Composition en métaux totaux des argiles contaminées par les nitrates

Cette analyse vise l'identification de la présence de certains métaux lourds qui pourraient résulter des apports des activités minières et agricoles ou d'autres facteurs naturels et empêcher leur utilisation en traitement des eaux. La composition en métaux totaux des échantillons contaminés est présentée dans le tableau 5.4.

Tableau 5.4 Composition en métaux des argiles contaminées par les nitrates (mg/kg)

Argile	Fe	Mn	Zn	Cu	K	Pb	Cd	As	Al	Ca	Cr
A J	2111	33,0	41,0	2,80	841	56,0	9,60	101	12903	255	16,9
AJS	609	12,4	10,4	27,4	124	32,1	15,8	71,1	2697	333	28,0
ABM	2982	17,5	97,2	10,7	320	33,5	1,3	58,8	2577	189	79,4
AB	6007	4,1	25,9	10,5	160	39,4	14,3	251,3	1212	333	4,6
ATA	314	6,1	18,5	9,0	95,1	48,4	0,1	68,3	1074	307	0,1
ATO	1772	10,8	27,0	0,1	117	32,2	11,4	162	2959	394	16,6
ATI	7281	3,5	15,7	24,5	277	59,7	2,3	130	6814	176	190
AK	161	114	7,3	8,0	107	23,1	10,9	34,9	702	307	6,5

Ils montrent qu'en plus des nitrates, les métaux lourds sont présents dans ces argiles. Cependant, leur concentration semble être faible en rapport à leur utilisation en traitement des eaux. En effet, les quantités utilisées dans ce domaine sont en général faibles. La présence du fer, du calcium et autres oligoéléments, pourrait expliquer l'engouement des femmes en

grossesse pour leur consommation. Pour utiliser les échantillons non contaminés par les nitrates dans le traitement des eaux, l'analyse de leur composition chimique a été réalisée.

5.2.4 Composition chimiques des argiles non contaminées par les nitrates

Pour les tests de potabilisation, les argiles non contaminées par les nitrates ont été soumises à l'analyse par XRF pour déterminer leur composition chimique avant et après conditionnement avec des solutions saturées de NaCl (sel de table). Ce dernier traitement visait à apprécier leur capacité de rétention ou d'échange à la fois de cations et d'anions (Na^+ et Cl^- par exemple) et à comparer leur efficacité dans l'enlèvement des nitrates des eaux polluées. Les résultats sont présentés aux tableaux 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 et 5.9.

Tableau 5.5 Composition chimique de l'argile AJ non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl

Argile AJ	AJ non conditionnée	AJ conditionnée
Composition chimique	% massique	% massique
Na ₂ O	0,000	0,184
MgO	0,074	0,097
Al ₂ O ₃	18,38	13,05
SiO ₂	36,31	27,27
P ₂ O ₅	0,052	0,048
SO ₃	0,250	0,167
Cl	0,000	0,671
K ₂ O	0,363	0,339
CaO	0,040	0,069
TiO ₂	1,670	1,520
Cr ₂ O ₃	0,024	0,024
Fe ₂ O ₃	2,246	2,848
CuO	0,013	0,018
Rb ₂ O	0,011	0,000
Ga ₂ O ₃	0,063	0,016
SrO	0,036	0,035
ZrO ₂	0,183	0,182
Nb ₂ O ₅	0,025	0,022
MnO	0,011	0,010
H ₂ O	40,25	53,43
Total	100	100

Tableau 5.6 Composition chimique de l'argile ABM non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl

Argile ABM	ABM non conditionnée	ABM conditionnée
Composition chimique	% massique	% massique
Na ₂ O	0,155	0,081
MgO	0,584	0,289
Al ₂ O ₃	16,970	10,280
SiO ₂	44,440	34,051
P ₂ O ₅	0,050	0,037
SO ₃	0,006	0,006
Cl	0,100	0,300
K ₂ O	5,078	4,311
CaO	0,144	0,074
TiO ₂	0,570	0,492
Cr ₂ O ₃	0,024	0,020
Fe ₂ O ₃	2,234	2,342
CuO	0,007	0,001
Rb ₂ O	0,015	0,009
SrO	0,005	0,017
ZrO ₂	0,043	0,039
V ₂ O ₅	0,001	0,000
Y ₂ O ₃	0,007	0,000
H ₂ O	29,56	47,61
Total	100	100

Tableau 5.7 Composition chimique de l'argile AB non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl

Argile AB	AB non conditionnée	AB conditionnée
Composition chimique	% massique	% massique
Na ₂ O	0,152	0,374
MgO	2,514	0,741
Al ₂ O ₃	16,170	16,07
SiO ₂	45,12	43,01
P ₂ O ₅	0,048	0,061
SO ₃	0,047	0,038
Cl	0,066	0,116
K ₂ O	5,068	4,876
CaO	0,119	0,185
TiO ₂	0,709	0,672
Cr ₂ O ₃	0,022	0,018
Fe ₂ O ₃	1,568	1,567
CuO	0,011	0,008
Rb ₂ O	0,016	0,015
SrO	0,012	0,010
Y ₂ O ₃	0,006	0,004
ZrO ₂	0,038	0,034
Nb ₂ O ₅	0,011	0,011
H ₂ O	28,30	32,19
Total	100	100

Tableau 5.8 Composition chimique de l'argile ATA non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl

Argile ATA	ATA non conditionnée	ATA conditionnée
Composition chimique	% massique	% massique
Na ₂ O	0,299	1,190
MgO	0,132	0,309
Al ₂ O ₃	24,08	20,84
SiO ₂	38,88	32,36
P ₂ O ₅	0,123	0,111
Cl	0,039	1,411
SO ₃	0,032	0,031
K ₂ O	1,335	1,201
CaO	0,066	0,211
TiO ₂	1,859	1,678
Cr ₂ O ₃	0,022	0,017
Fe ₂ O ₃	0,529	0,380
CuO	0,006	0,006
ZrO ₂	0,421	0,351
Ga ₂ O ₃	0,005	0,000
SrO	0,117	0,055
Rb ₂ O	0,008	0,000
PbO	0,034	0,030
BaO	0,082	0,000
H ₂ O	31,93	39,81
Total	100	100

Tableau 5.9 Composition chimique de l'argile AK non contaminée par les nitrates après et sans conditionnement avec du NaCl

Argile AK	AK non conditionnée	AK conditionnée
Composition	% massique	% massique
Na ₂ O	0,139	0,301
MgO	1,400	0,287
Al ₂ O ₃	22,14	21,41
SiO ₂	36,23	32,57
P ₂ O ₅	0,109	0,097
SO ₃	0,035	0,033
Cl	0,000	0,073
K ₂ O	1,522	1,618
CaO	1,283	0,232
TiO ₂	1,871	1,850
Cr ₂ O ₃	0,035	0,035
Fe ₂ O ₃	0,605	0,481
CuO	0,007	0,007
Ga ₂ O ₃	0,006	0,006
Rb ₂ O	0,011	0,014
SrO	0,080	0,076
Y ₂ O ₃	0,004	0,004
ZrO ₂	0,249	0,239
Nb ₂ O ₅	0,016	0,014
BaO	0,070	0,000
H ₂ O	34,18	40,65
Total	100	100

Avec l'augmentation de la quantité de Cl dans les argiles conditionnées, ces résultats donnent une idée sur leur capacité de rétention des anions. Il apparaît en outre, qu'elles sont essentiellement constituées d'oxydes et de silicates d'alumine hydratés dans lesquels sont imbriqués des éléments minéraux qui leur donnent une certaine coloration. La présence de SO_3 pourrait aussi expliquer en partie le pH acide des argiles et des eaux. Ces résultats ont conduit à la détermination de leur composition minéralogique.

5.2.5 Composition minéralogique des argiles non contaminées par les nitrates

Les résultats de la composition minéralogique des argiles déterminée par XRD sont présentés au tableau 5.10.

Tableau 5.10 Composition minéralogique des argiles en pourcentage (XRD)

Argile	Pyrophyllite	Kaolinite	Mica	Feldspath	Gypse	Quartz	Smectite	TiO ₂	Calcite	Gybsite
AJ	0	50	3	1	2	18	4	1	1	20
AJS	2	60	2	0	4	27	3	1	0	1
ABM	1	43	22	1	1	25	6	1	0	0
AB	0	32	37	1	1	23	5	1	0	0
ATA	24	36	28	2	2	6	1	1	0	0
ATO	0	83	7	0	0	10	0	0	0	0
ATI	0	92	1	0	0	6	1	0	0	0
AK	38	32	26	1	2	0	0	1	0	0

De ces mesures, il ressort que ces argiles sont constituées essentiellement de kaolinite (32 à 92%) mélangées à des quantités de mica (1 à 37%), de silice sous forme de quartz (0 à 25%), de smectite (0 à 6%), de pyrophyllite (0 à 38%) et de petites quantités de feldspath, de gypse et de TiO_2 (0 à 4%). Le quartz et la smectite sont appréciables au niveau des roches argileuses commercialisées (les quatre premières). Cette composition peut avoir un effet sur leur comportement dans l'enlèvement des nitrates et en coagulation floculation (hypothèse).

5.3 Enlèvement des nitrates par les poudres et les suspensions des argiles conditionnées et non conditionnées

5.3.1 Enlèvement des nitrates par les poudres des argiles conditionnées et non conditionnées.

Dans cette partie, les échantillons conditionnés avec une solution de NaCl saturée pendant trois heures ont été utilisés pour les tests dans les mêmes conditions que ceux non conditionnés. Les résultats obtenus avec l'argile AK sont présentés à la figure 5.1 (a et b)

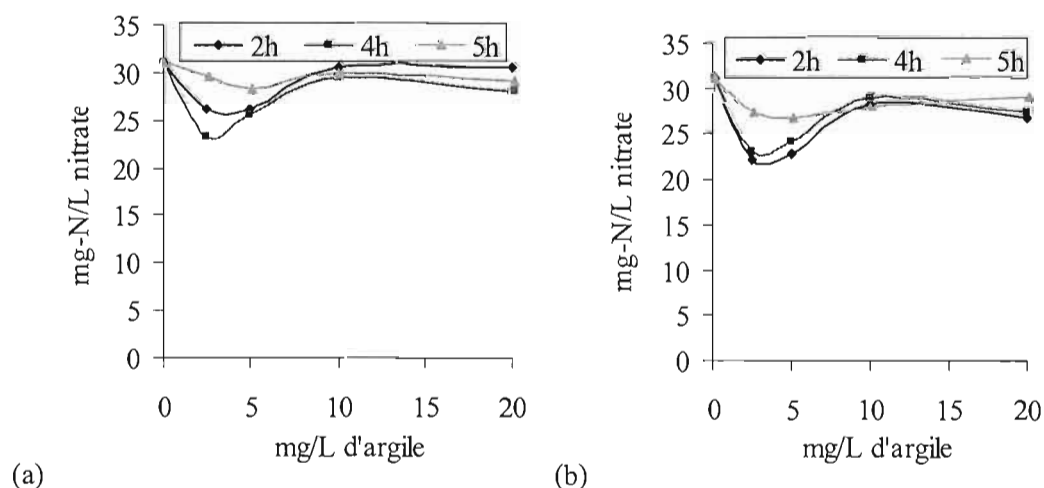


Figure 5.1 (a et b) Enlèvement des nitrates par la poudre de l'argile AK naturelle (a) et conditionnée (b) avec une solution saturée de NaCl à pH 7,57.

La figure montre que le conditionnement améliore légèrement l'efficacité de traitement pendant les deux premières heures de traitement (2h) après lesquelles, il se produit une désorption contrairement à l'argile non traitée où la désorption ne se produit qu'après les quatre premières heures de traitement. Pour l'argile AJ, les résultats sont présentés à la figure 5.2 (a et b)

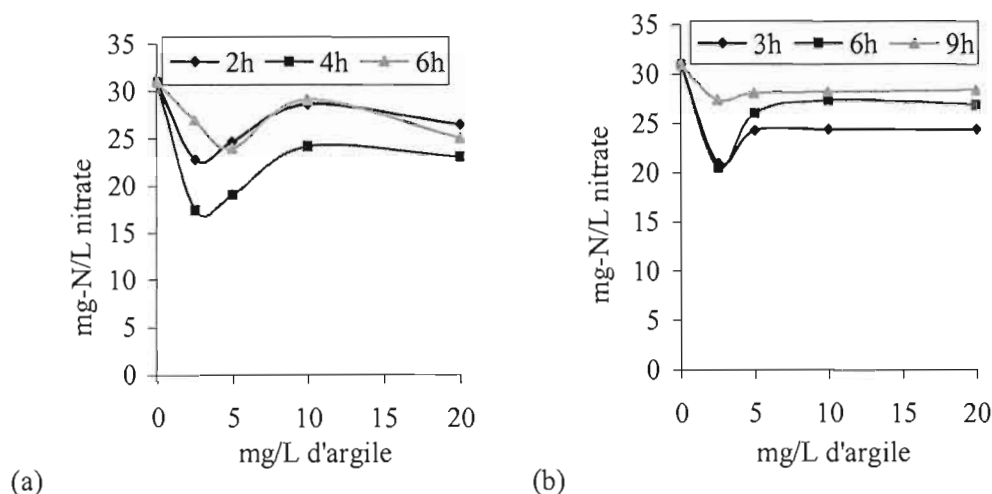


Figure 5.2 (a et b) Enlèvement des nitrates par la poudre de l'argile AJ naturelle (a) et conditionnée (b) avec une solution saturée de NaCl à pH 7,57.

Dans le cas de l'argile ABM, les résultats sont présentés à la figure 5.3 (a et b).

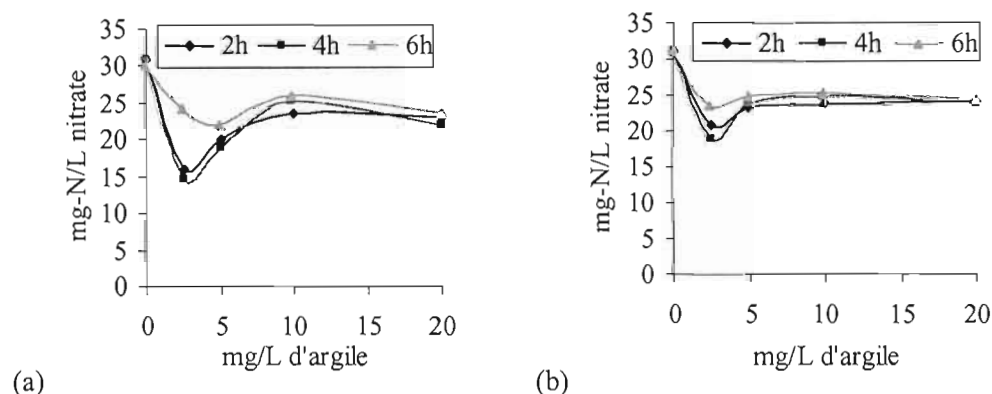


Figure 5.3 (a et b) Enlèvement des nitrates par la poudre de l'argile ABM naturelle (a) et conditionnée (b) avec une solution saturée de NaCl à pH 7,57.

La comparaison des figures 5.1 (a et b), 5.2 (a et b) et 5.3 (a et b) pour les trois argiles, montre que le conditionnement améliore peu l'enlèvement des nitrates par rapport aux argiles naturelles et atténue peu le phénomène de désorption. Pour le reste des argiles étudiées (ATI, ATA, ATO, AB), le comportement est similaire. Ceci pourrait être imputable en partie à l'occupation des centres de rétention des nitrates par Cl^- au niveau des argiles conditionnées. Ces résultats ont conduit à l'utilisation des argiles naturelles pour le reste des expériences. En outre, ces données obtenues avec les poudres peuvent être comparées avec celles obtenues avec les suspensions des poudres. En effet, le comportement des poudres et des suspensions dans l'enlèvement des nitrates peut être très différent. Pour vérifier cette autre hypothèse, des tests de comparaison ont été réalisés.

5.3.2 Enlèvement des nitrates par les suspensions des argiles et par traitement discontinu.

Lors des tests d'enlèvement des nitrates, il est apparu que les suspensions (préparées après agitation des poudres dans 10 mL d'eau avant introduction dans le système) étaient plus efficaces que les poudres introduites directement. La persistance du phénomène de désorption avec le temps au niveau des différents essais a conduit au traitement discontinu par cascade de filtration avec rajout des mêmes quantités de suspension des argiles. Les résultats avec l'argile ABM sont présentés à la figure 5.4 (a, b, c et d).

La comparaison des courbes 2h des figures 5.3 (a) et 5.4 (a) montre que le comportement de la poudre et de la suspension de la poudre de l'argile ABM est très différent. Dans le cas de la suspension, il n'y a pas de diminution brusque du rendement avec l'augmentation de la concentration. Ces résultats montrent que le traitement par cascade de filtration permet d'améliorer l'efficacité de traitement (sauf pour la concentration initiale de 60 mg-N/L de nitrate). Ainsi, pour les concentrations de 30, 60, 90 et 120 mg-N/L, l'enlèvement a été de 60, 82, 65 et 53% respectivement. Le comportement des autres argiles suit la même tendance. Ceci pourra être apprécié au niveau des résultats des mélanges des argiles avec les graines des plantes testées. Par ailleurs, ces résultats pourraient aussi être liés au pH de l'eau de robinet utilisée dans ces tests.

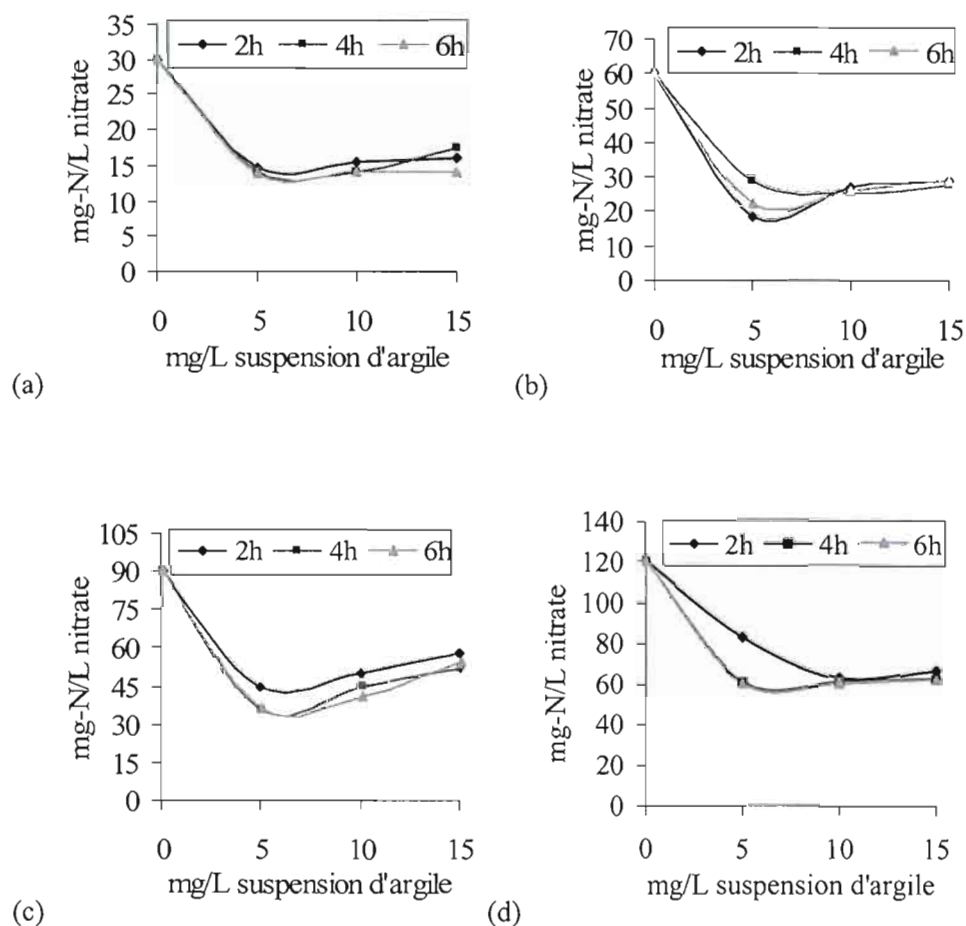


Figure 5.4 (a, b, c et d) Enlèvement des nitrates par la suspension de l'argile ABM (2h) suivie de rajout des mêmes quantités du produit à chaque cycle de filtration (4h et 6h).

5.3.3 Influence du pH sur l'enlèvement des nitrates par les suspensions des argiles (sans filtration)

Pour vérifier l'hypothèse relative à l'influence du pH sur la rétention des nitrates par les argiles locales, des tests de comparaison de leur performance à pH 7,57 et pH 3 ont été réalisés. Les résultats avec l'argile AK sont présentés à la figure 5.5 (a et b).

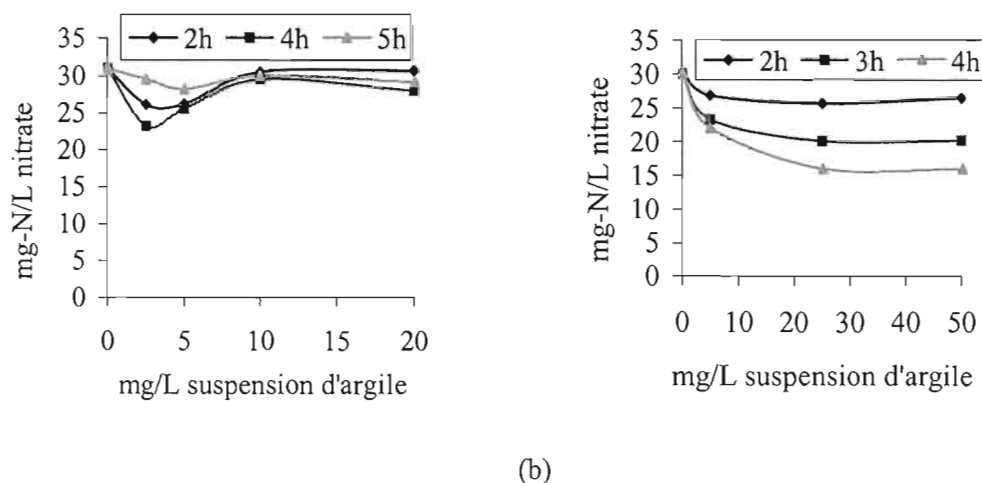


Figure 5.5 (a et b) Enlèvement des nitrates par la suspension de l'argile AK à pH 7,57 (a) et pH 3 (b).

Ils montrent que le pH affecte l'enlèvement des nitrates par l'argile AK. À pH 3, l'élimination augmente avec le temps et les concentrations de l'argile contrairement à pH 7,57. La diminution du pH contribue ainsi, à l'élimination de la désorption et à l'amélioration du traitement. Pour l'argile ABM, les résultats sont présentés à la figure 5.6 (a et b).

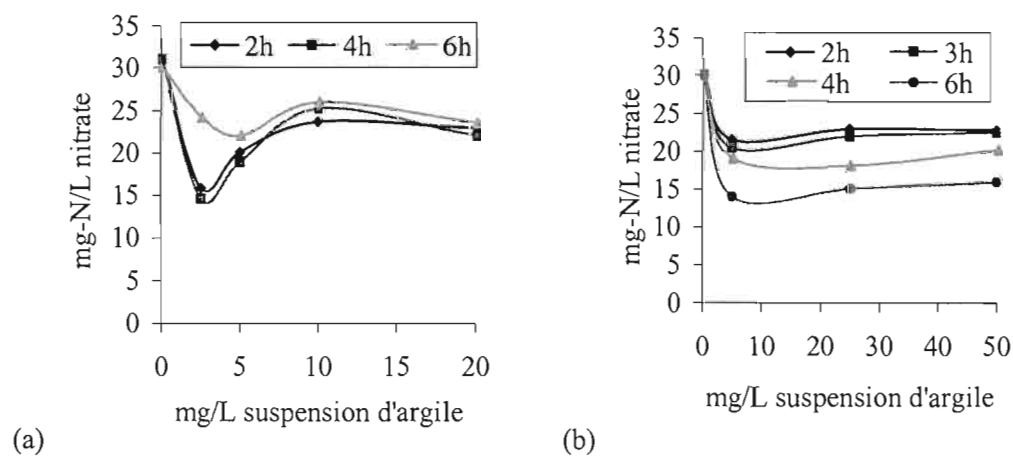


Figure 5.6 (a et b) Enlèvement des nitrates par la suspension de l'argile ABM à pH 7,57 (a) et à pH 3 (b).

Le comportement des argiles par rapport au pH suit la même tendance pour l'ensemble des échantillons étudiés. Une diminution de celui-ci favorise la rétention des nitrates comme

l'indiquent les résultats des deux argiles AK et ABM présentés ci-dessus. Cependant, cette rétention peut augmenter avec la concentration des argiles des carrières de sables (AK, ATI, ATO et ATA), tout comme elle peut diminuer avec la concentration des argiles commercialisées (ABM, AB, AJ et AJS). Ces résultats justifient les hypothèses relatives à l'influence du pH et à la capacité de ces argiles d'enlever les nitrates. Le relargage des nitrates par les argiles et les eaux contaminées s'explique aussi par le fait que des faibles concentrations des argiles (2,5 et 5 mg/L) adsorbent plus efficacement les nitrates (plus de 53%). En plus des argiles, la capacité d'enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension de la poudre des graines de *Moringa oleifera* a été déterminée.

5.4 Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension des graines de *Moringa oleifera*

L'enlèvement des nitrates par *Moringa oleifera* étant peu abordée dans la littérature, des tests de comparaison de la performance de la poudre des graines avec celle de la suspension (préparées après ajout de la poudre et agitation dans 10 mL d'eau avant introduction dans le système) ont été réalisés.

5.4.1 Enlèvement des nitrates par la poudre de *Moringa oleifera* et influence de la durée de conservation des graines

Dans le cadre de cette étude, l'effet de la durée de conservation des graines de MO sur leur capacité d'enlèvement des nitrates a été examiné. Les résultats sont présentés à la figure 5.7 (a et b).

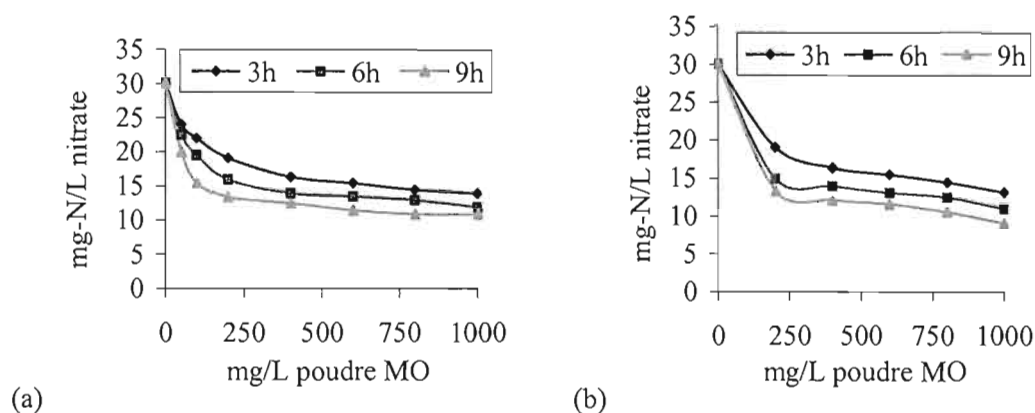


Figure 5.7 (a et b) Enlèvement des nitrates par la poudre des graines de *Moringa oleifera* conservées pendant trois mois (a) et trois ans (b) à pH 7,57.

Cette figure montre que les graines de *Moringa oleifera* enlèvent les nitrates jusqu'à 67% et leur bonne conservation dans des récipients en plastiques hermétiques n'a pas altéré les principes actifs pendant trois ans. Dans le cadre de cette étude, les graines conservées pendant trois ans ont été utilisées pour tous les tests. Les résultats de comparaison de la performance de la poudre de MO en fonction des concentrations des nitrates sont présentés à la figure 5.8 (a, b, c, d, e et f).

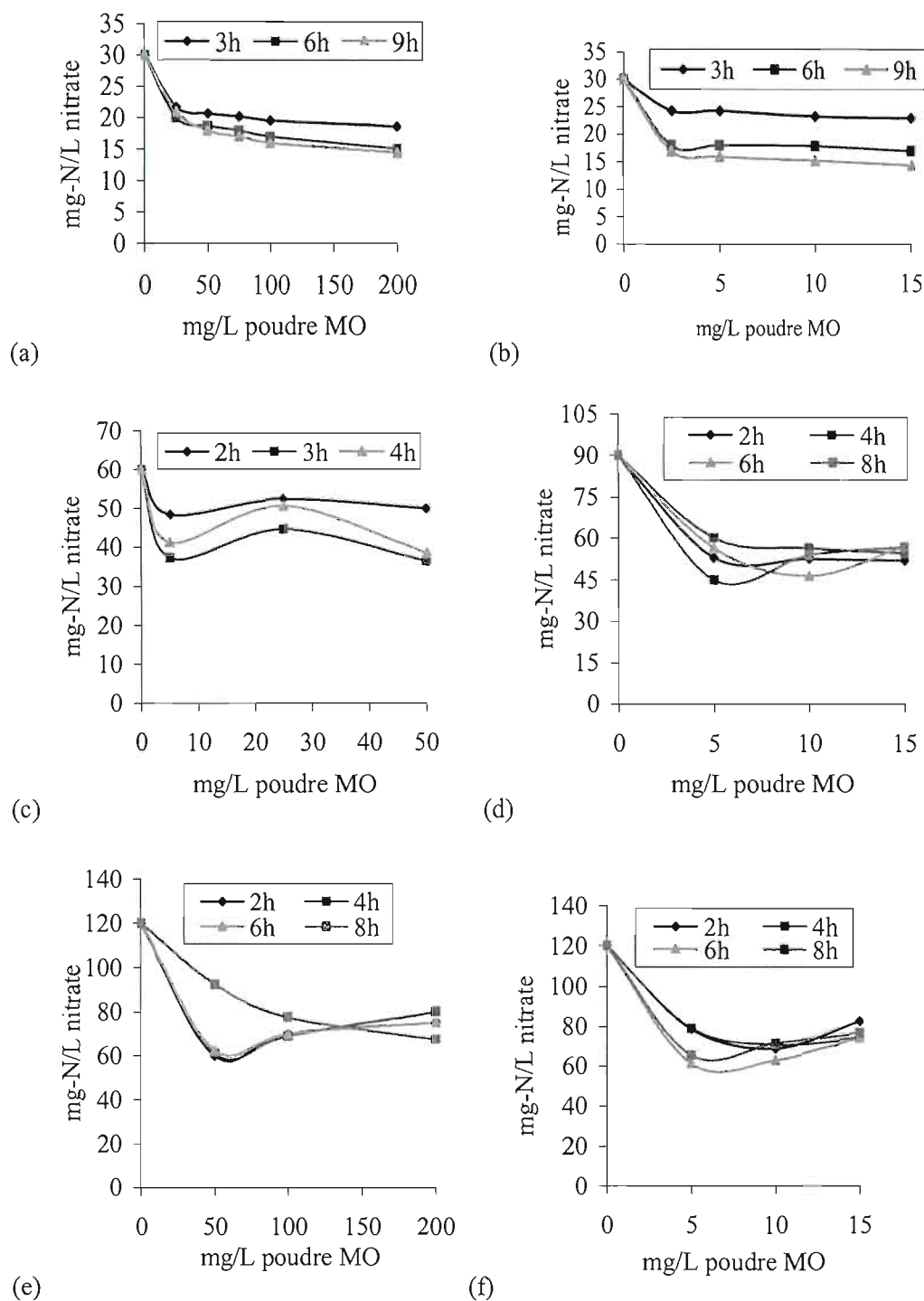


Figure 5.8 (a, b, c, d, e et f) Enlèvement des nitrates par la poudre de *Moringa oleifera* à pH 7,57.

Cette figure indique que la poudre de MO peut enlever les nitrates à toutes les concentrations utilisées. Cependant, au fur et à mesure que la concentration initiale des nitrates augmente (60, 90 et 120 mg-N/L), un phénomène de désorption se produit avec la durée de traitement. Cette variation de l'efficacité de la poudre en fonction du temps et des concentrations initiales des nitrates et de la poudre a déterminé la durée de traitement par cycle de filtration. En effet, plus l'intervalle de temps est réduit, plus il est possible de déterminer la durée des cycles de traitement discontinu. Plusieurs expériences ont montré que la désorption peut débiter après deux ou trois heures de traitement. Par exemple, dans le cas de la figure 5.8 (c), il apparaît clairement que la désorption se produit après les trois premières heures de traitement contrairement à la figure 5.8 (f) où ce temps est réduit à deux heures. Ceci justifie souvent la différence des durées de traitement. Pour la concentration initiale de 30 mg-N/L, la figure 5.8 (a et b) montre que les faibles concentrations (2,5 à 15 mg/L) de la poudre sont aussi efficaces que les grandes concentrations (50 à 200 mg/L). en outre, au fur et à mesure que les concentrations des nitrates augmentent, la désorption se poursuit en particulier avec les concentrations de 60 mg-N/L (courbe 4h en c) et de 90 (courbe 4h en d). Toutefois, la prolongation de la durée de traitement dans ce dernier cas, réduit parfois la désorption (courbe 6h en d et f). Le rajout à ce stade des mêmes quantités du produit contribue de nouveau à une désorption (courbe 8h en d et f).

La figure 5.8 (e et f) indique que l'augmentation de la concentration de la poudre pour la même concentration initiale de 120 mg-N/L améliore légèrement le traitement au premier cycle (2h) sans empêcher la désorption même après rajout de 25 mg/L de la poudre après le troisième cycle de traitement (courbe 8h en e). Ce résultat témoigne le fait que le rajout de la poudre au cours du traitement peut conduire à une désorption comme l'ont montré plusieurs autres expériences. Ceci laisse supposer que la prolongation de la durée de traitement des nitrates avec la poudre de MO sans filtration peut contribuer à la formation de produits compétitifs ou à la compétition des éléments présents dans l'eau sur les sites de rétention des nitrates. Cette hypothèse a conduit comme dans le cas des argiles, au traitement discontinu par filtration suivie du rajout des mêmes quantités de la poudre de *Moringa* à chaque deux heures de traitement. Les résultats obtenus sont présentés à la figure 5.9 (a, b, c, d, e et f).

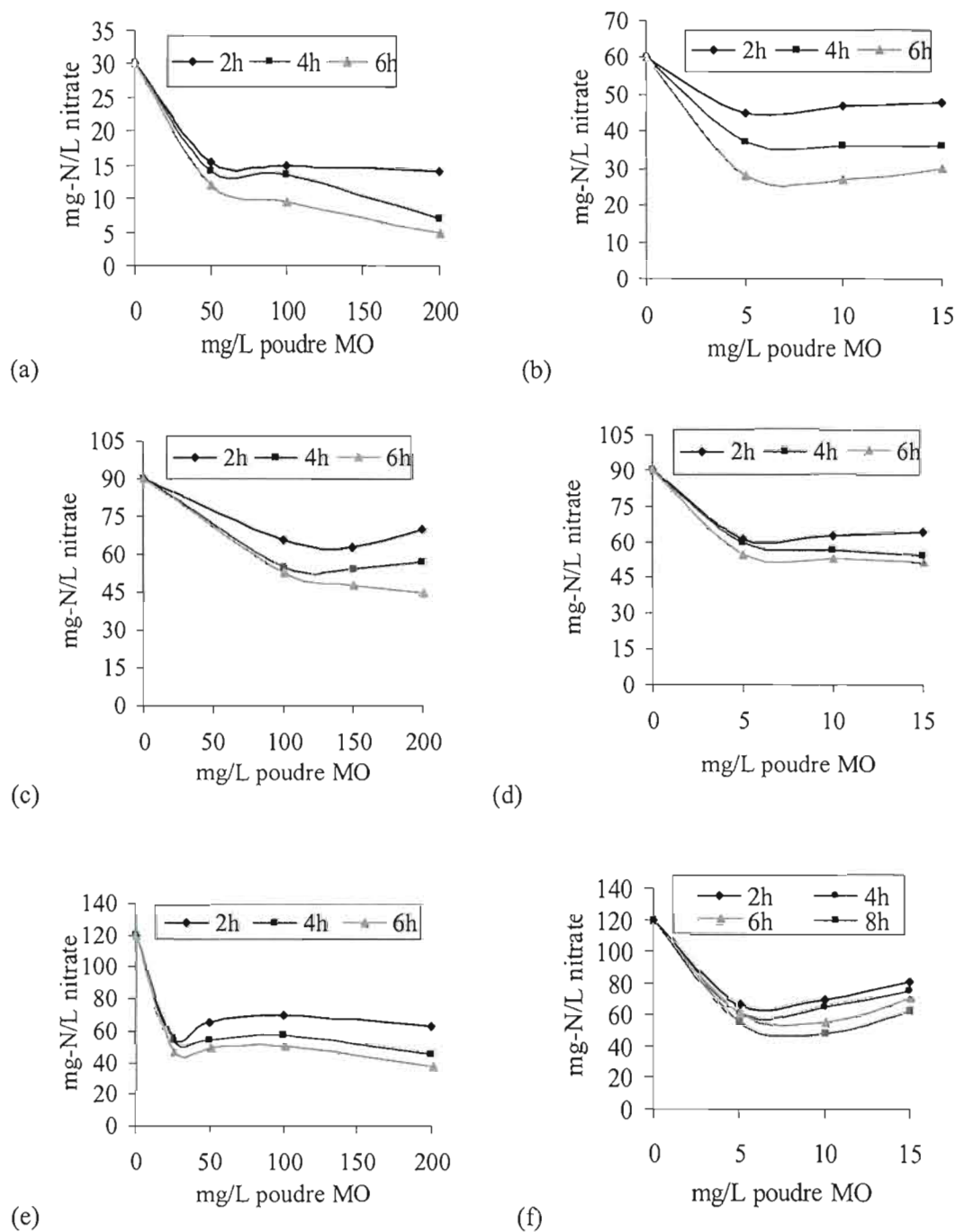


Figure 5.9 (a, b, c, d, e et f) Enlèvement des nitrates par la poudre de *Moringa oleifera* à pH 7,57 après filtration suivie de rajout des mêmes quantités de poudre à chaque cycle de filtration (4h, 6h et 8h).

Les résultats de la figure 5.9 (a, b, c, d, e et f) indiquent que le traitement discontinu par cycle de filtration et de rajout des mêmes quantités de la poudre, améliore le traitement en éliminant le phénomène de désorption. Ainsi, la concentration initiale de 30 mg-N/L a pu être réduite à 5 mg-N/L, soit une valeur inférieure à celle recommandée par l'OMS pour l'eau potable (10 mg-N/L de nitrates). Les fortes concentrations de la poudre (50 à 200 mg/L) ont tendance à être un peu plus efficaces que les concentrations inférieures à 15 mg/L de la poudre. Ainsi, pour les concentrations initiales de 30, 60, 90 et 120 mg-N/L, il y a eu une élimination de 83, 53, 57 et 72% respectivement.

5.4.2 Enlèvement des nitrates par la suspension de la poudre de *Moringa oleifera*

Comme dans le cas des argiles, il est apparu lors des tests que les poudres et leurs suspensions avaient des comportements différents dans l'enlèvement des nitrates. Les résultats obtenus avec les suspensions (mélange poudre dans 10 mL d'eau de robinet avant introduction dans les béchers) sont présentés à la figure 5.10 (a, b, c, d, e, f et g).

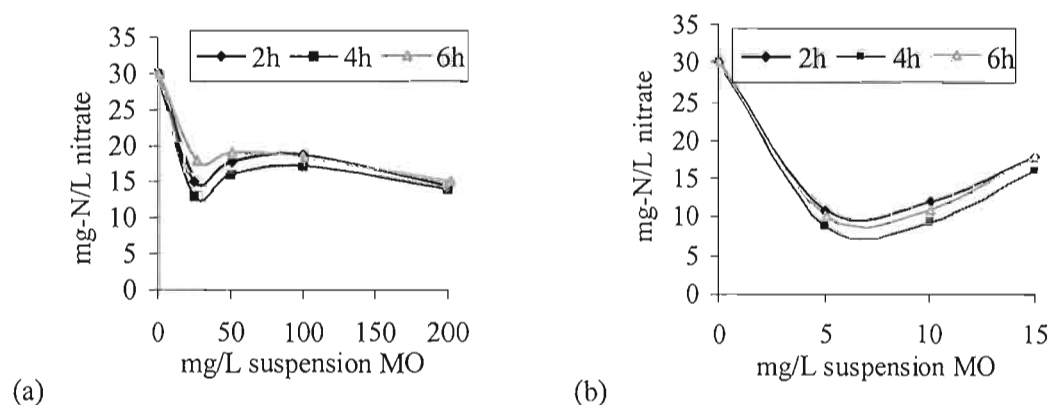


Figure 5.10 (a et b) Enlèvement des nitrates par la suspension de *Moringa oleifera* à pH 7,57.

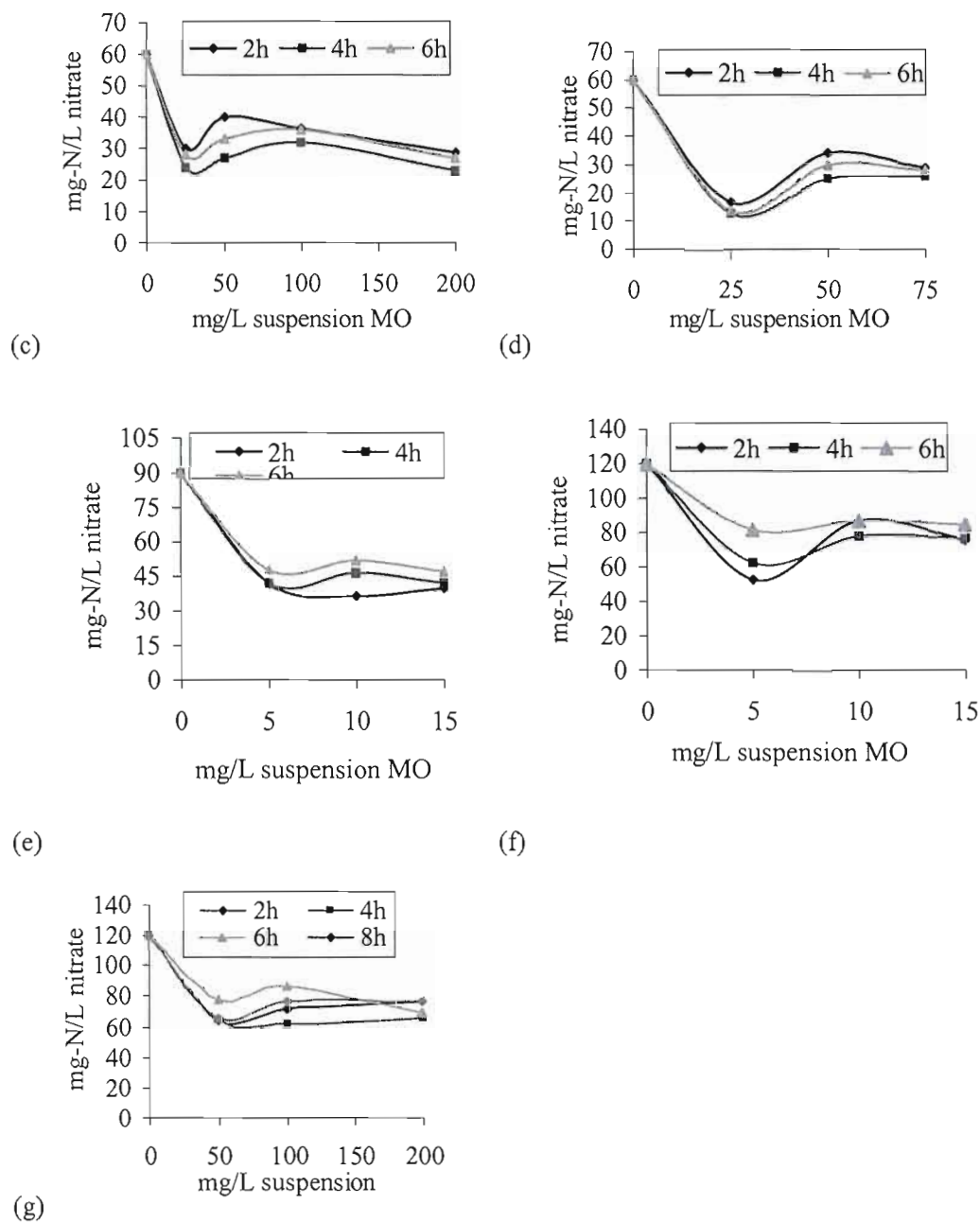


Figure 5.10 (suite) (c, d, e, f et g) Enlèvement des nitrates par la suspension de *Moringa oleifera* à pH 7,57.

En comparant les résultats des figures 5.10 (a, b, c, d, e, f et g) avec ceux de la poudre de la figure 5.8 (a, b, c, d, e et f), il apparaît que la suspension est plus efficace que la poudre

et cette efficacité se manifeste avec les faibles concentrations de la suspension. Ainsi, avec les concentrations de 5 et 25 mg/L, il a été possible de réduire des concentrations de 30 et de 60 mg-N/L de nitrate à 8 et 11 mg-N/L, soit une élimination de 75 et 82% respectivement. Après quatre heures de traitement, il se produit la désorption qui déstabilise le processus de rétention. Avec les concentrations de 90 et 120 mg-N/L, le phénomène se produit dès après les deux premières heures de traitement comme indiqué à la figure 5.10 (e et f). Avec 120 mg-N/L, la concentration résiduelle a été de 50 mg-N/L, soit un enlèvement de 58% avec 5 mg/L de la suspension. La comparaison de la figure 5.10 (f et g), indique que contrairement à la poudre, l'augmentation de la concentration de la suspension n'améliore pas l'efficacité de traitement. De plus, le rajout de 25 mg/L de suspension au système après six heures de traitement contribue à la diminution de la désorption (courbe 8h en g) sans toutefois, améliorer le rendement. Ceci a conduit au traitement discontinu par filtration suivie du rajout des mêmes quantités de la suspension de *Moringa*.

5.4.3 Enlèvement des nitrates par traitement discontinu avec la suspension de *Moringa oleifera*

La persistance du phénomène de désorption a conduit au traitement discontinu comme dans le cas précédent. Les résultats sont présentés à la figure 5.11 (a, b, c, d e, et f).

Comme dans le cas de la poudre de *Moringa*, les résultats de la figure 5.11 (a, b, c, d, e et f) indiquent que le traitement par cascade de filtration est plus efficace à cause de la réduction du phénomène de désorption. Ceci a permis de réduire les concentrations initiales de 30 et 60 mg-N/L à 5 et 8 mg-N/L respectivement, soit un enlèvement de 83 et 86% respectivement. Cependant, pour les concentrations de 90 et 120 mg-N/L, la désorption se produit. En comparant la figure 5.11 (c et d), il apparaît que l'augmentation de la concentration de la suspension contribue à l'élimination du phénomène et à l'augmentation des rendements avec les concentrations des suspensions. Concernant l'influence du pH, il est possible d'admettre comme dans le cas des argiles, que celui-ci affecte l'enlèvement des nitrates par les suspensions de *Moringa*.

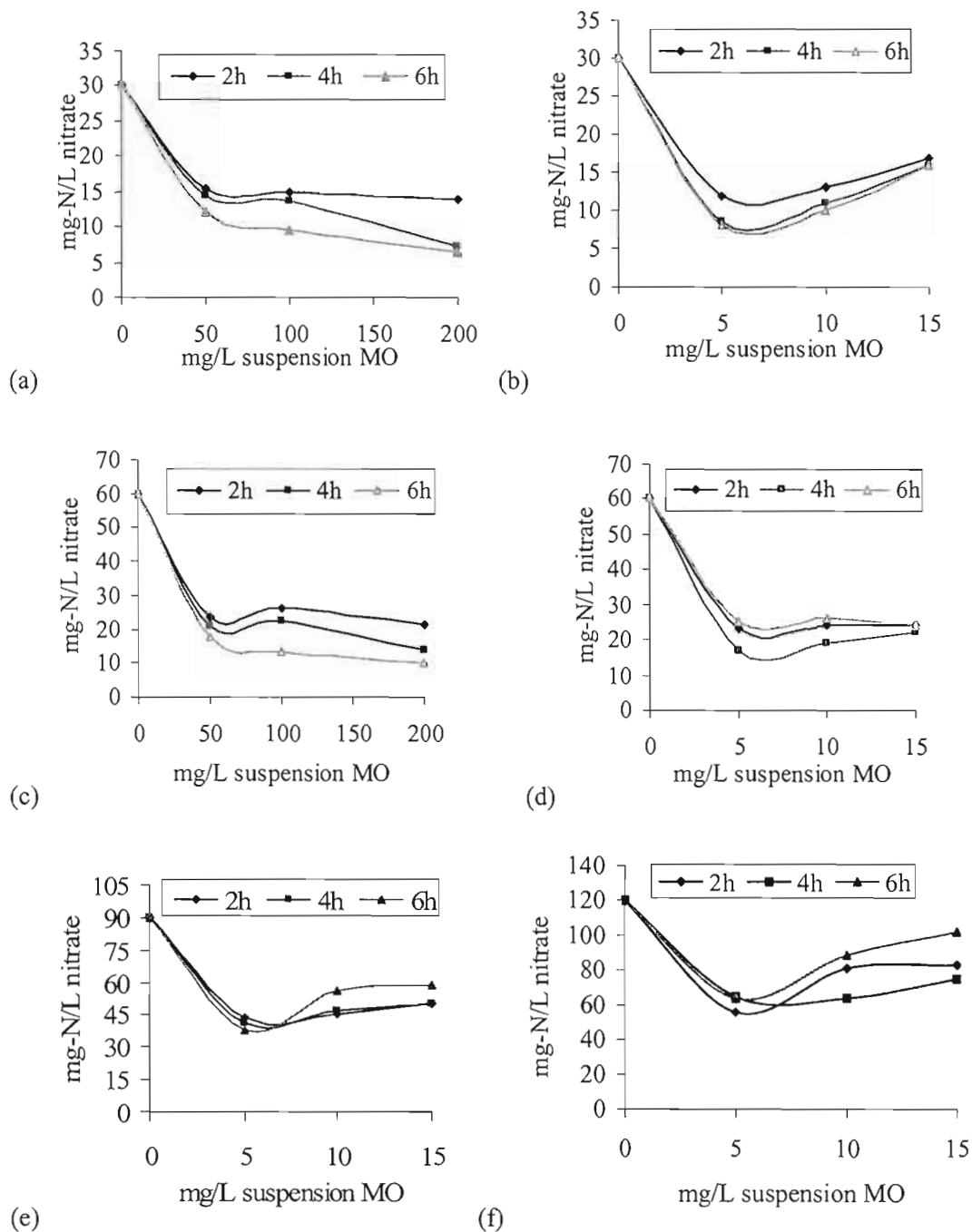


Figure 5.11 (a, b, c, d, e et f) Enlèvement des nitrates par la suspension de *Moringa oleifera* à pH 7,57 après filtration et rajout des mêmes quantités de la suspension à chaque cycle de filtration (4h et 6h).

5.4.4 Influence du pH sur l'enlèvement des nitrates par la suspension de *Moringa oleifera*

Les résultats à pH 7,57 et pH 3 sont présentés à la figure 5.12 (a, b, c, et d)

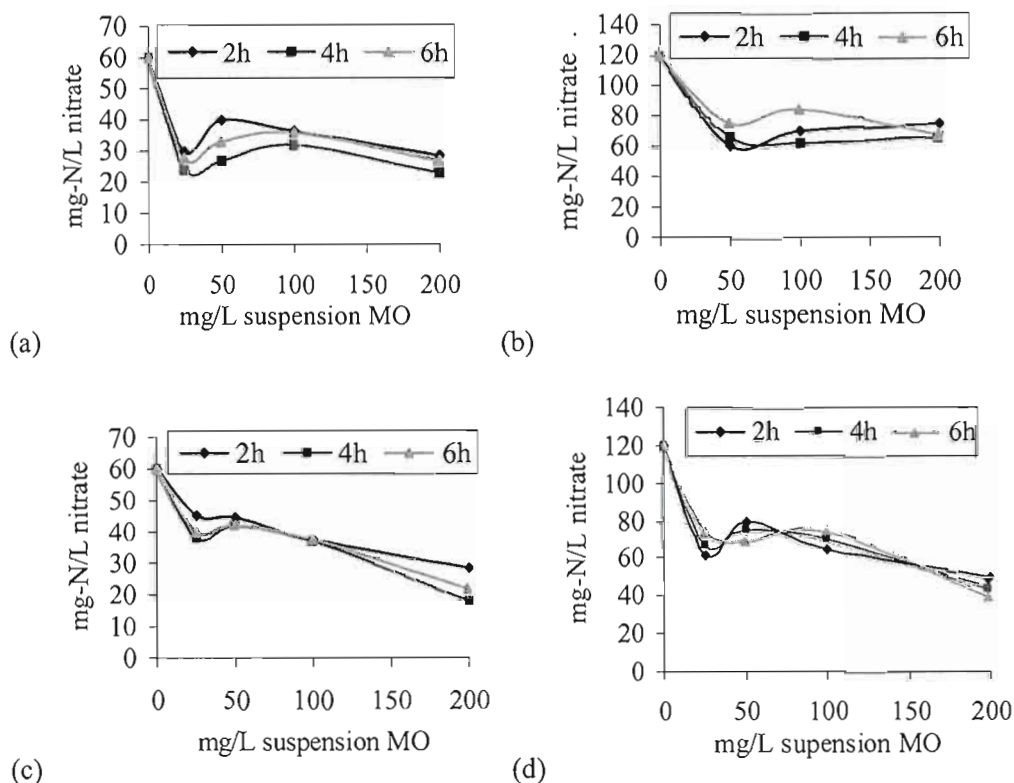


Figure 5.12 (a, b, c et d) Effet du pH 7,57 (en a et b) et du pH 3 (en c et d) sur l'enlèvement (continue) des nitrates par la suspension de *Moringa*.

Les résultats montrent que la diminution du pH améliore l'enlèvement des nitrates à de fortes concentrations de la suspension de MO et atténue le phénomène de désorption comme dans le cas des argiles. Par ailleurs, les rendements augmentent avec la concentration de la suspension de MO. Ceci pourrait se traduire par la formation de plus de sites de rétention des nitrates au niveau du produit. De tels résultats pourraient être exploités dans le traitement des rejets acides comme ceux des mines d'or répandues dans le site Ramsar de Tinkisso. En plus du *Moringa oleifera*, d'autres graines de plantes identifiées ont été testées.

5.5 Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension des graines d'autres plantes

En plus des graines de *Moringa oleifera*, (MO) les graines d'*Anacardium occidentale* (AO), de *Tamarindus indica*, (TI) de *Terminalia cattapa* (TC) et la pulpe des graines d'*Adansonia digitata* (AD) ont été testées pour l'enlèvement des nitrates.

5.5.1 Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension d'*Anacardium occidentale*

Les résultats obtenus avec la poudre et la suspension des graines (grillées) d'*Anacardium occidentale* (AO) sont présentés à la figure 5.13 (a, b et c).

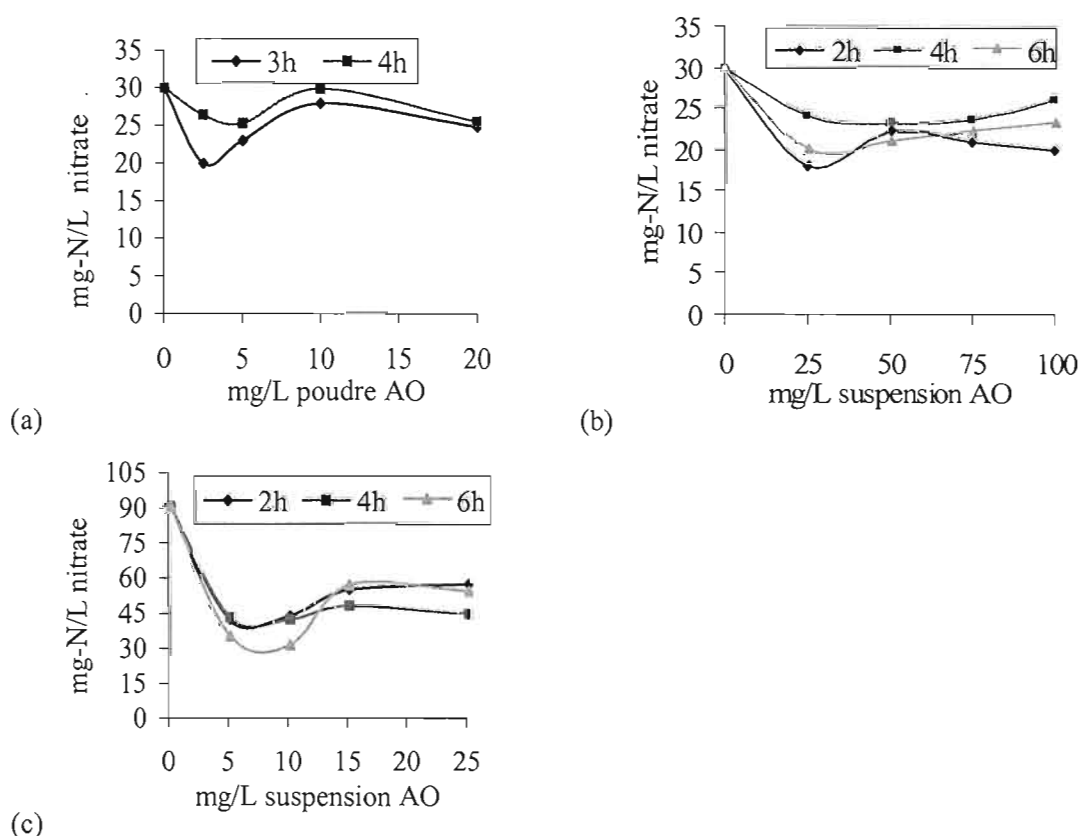


Figure 5.13 (a, b et c) Enlèvement des nitrates par la poudre (a) et la suspension de la pâte les graines d'*Anacardium occidentale* (b et c) après filtration et rajout à pH 7,57.

Les résultats montrent que la pâte des graines d'*Anacardium occidentale* élimine les nitrates comme *Moringa oleifera*. Avec la concentration de 90 mg-N/L, le traitement par cycle de filtration suivi de rajout des mêmes quantités du produit (en c) a réduit la désorption et amélioré le traitement, soit une élimination de 67%.

5.5.2 Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension *Tamarindus indica* (TI)

Les résultats obtenus avec la poudre et la suspension des graines cuites et non cuites de *Tamarindus indica* (TI) sont présentés à la figure 5.14 (a, b et c)

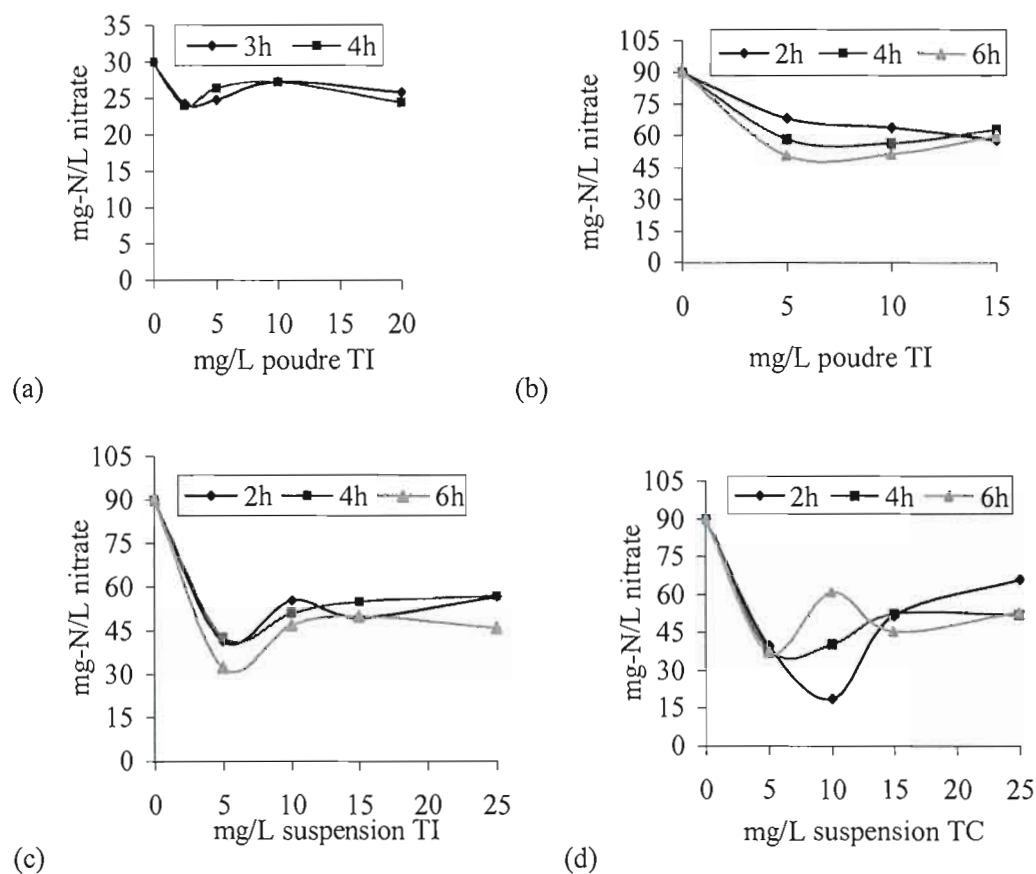


Figure 5.14 (a, b, c et d) Enlèvement des nitrates par la poudre (a et b) et la suspension des graines non cuites (c) et cuites (d) de *Tamarindus indica* après filtration et rajout des mêmes quantités de la suspension à chaque cycle de filtration à pH 7,57.

Comme dans les cas précédents, les tests ont montré de façon générale que la suspension est plus efficace que la poudre (courbe 2h) des graines d'*Anacardium occidentale* (b et c). De plus, le traitement discontinu suivi du rajout de la même quantité du produit, améliore le traitement avec les graines non cuites en (c), contrairement avec les graines cuites en (d) où le phénomène de désorption se produit dès après les deux premières heures de traitement. Même s'il y a eu désorption dans ce dernier cas, la concentration de 90 mg-N/L a pu être réduite en deux heures à 82% avec 10 mg/L de la suspension plus que dans le cas des graines non cuites. Cette différence de comportement des graines cuites et non cuites constitue une piste de recherche d'adsorbants naturels. À noter que les graines et la pulpe sont utilisées dans la préparation des sauces ainsi que de la bouillie et du jus par les femmes en Afrique.

5.5.3 Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension de *Terminalia cattapa* (TC)

Les résultats des tests sont présentés à la figure 5.15 (a et b).

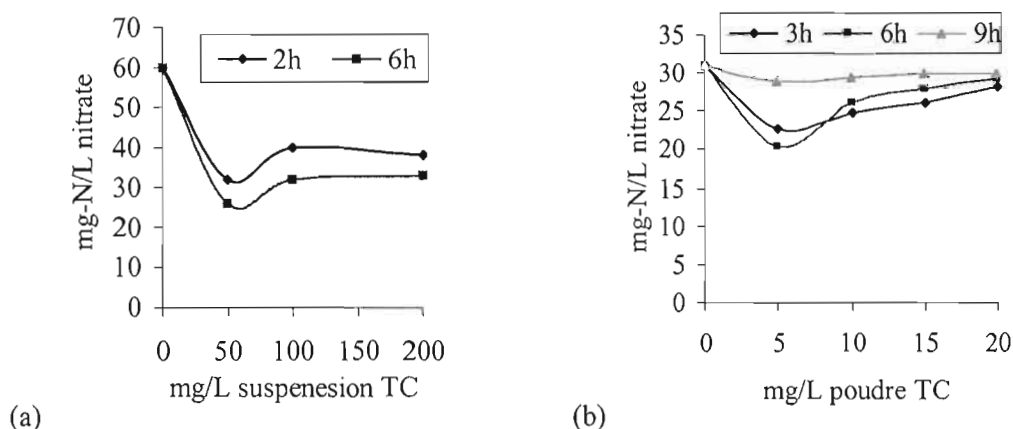


Figure 5.15 (a, b) Enlèvement des nitrates par les suspensions (a) et la poudre (b) de *Terminalia cattapa* à pH 7,57 après filtration et rajout à chaque cycle de filtration.

Comme dans les cas précédents, les suspensions des graines de *Terminalia cattapa* sont aussi efficaces que *Moringa* dans l'enlèvement des nitrates. Contrairement à la

suspension avec la concentration initiale de 90 mg-N/L de nitrate, la poudre ne réduit pas le phénomène de désorption avec la concentration de 30 mg-N/L de nitrate,.

5.5.4 Enlèvement des nitrates par la poudre et la suspension d'*Adansonia digitata* (AD)

Les résultats sont présentés à la figure 5.16 (a et b)

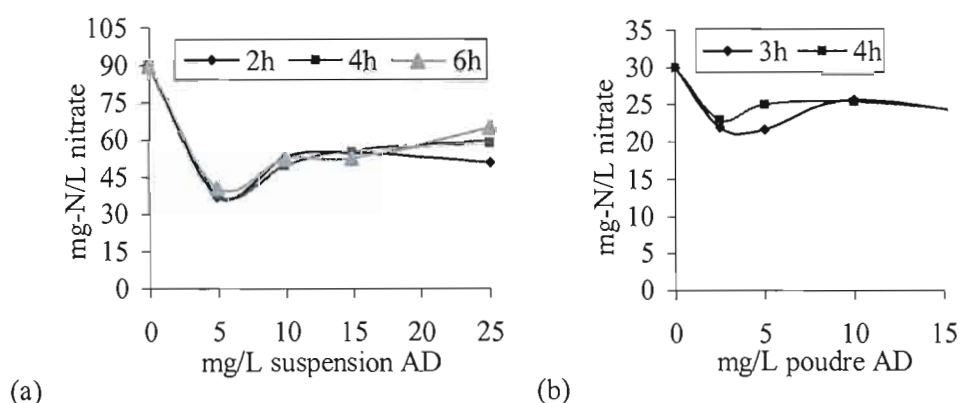


Figure 5.16 (a et b) Enlèvement des nitrates par la suspension (a) et la poudre (b) d'*Adansonia digitata* après filtration et rajout du produit à chaque cycle de filtration à pH 7,57.

Comme dans les cas précédant, la suspension d'*Adansonia digitata* élimine les nitrates. La persistance de la désorption a conduit aux tests d'enlèvement des nitrates par combinaison des argiles et des graines de plante au niveau des cycles de filtration.

5.6 **Utilisation des argiles et des graines de plantes à différents cycles de filtration pour l'enlèvement des nitrates.**

Les résultats de l'enlèvement des nitrates par l'argile ABM au premier cycle (2h) suivie de rajout des mêmes quantités de la suspension de *Moringa* aux autres cycles de filtration (4h et 6h) à pH 7,57 sont présentés à la figure 5.17 (a et b).

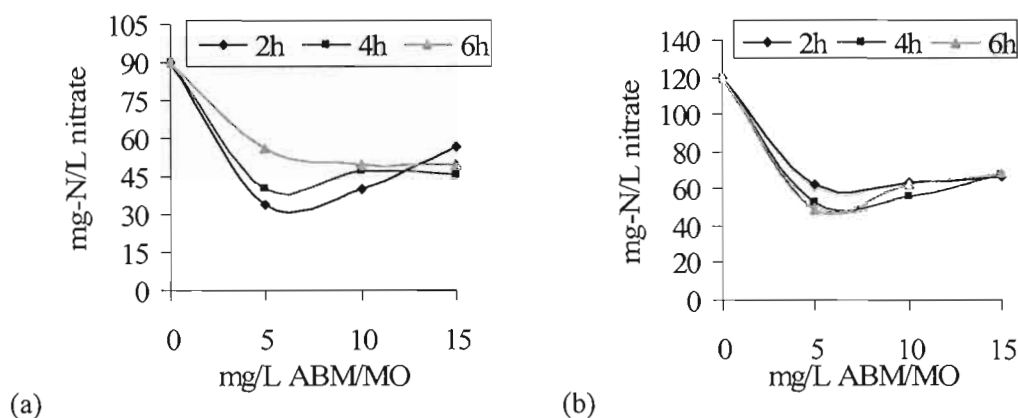


Figure 5.17 (a et b) Enlèvement des nitrates par l'argile ABM au premier cycle (2h) suivie de filtration et de rajout de la suspension de *Moringa* aux autres cycles de filtration (4h et 6h) à pH 7,57.

L'utilisation de l'argile ABM et MO au niveau des différents cycles de filtration, favorise la désorption avec la concentration de 90 mg-N/L, même après inversion du procédé (*Moringa*/argile). Pour la concentration de 120 mg-N/L, il y a une légère amélioration au second cycle. Pour l'argile AK, les résultats sont présentés à la figure 5.18 (a et b).

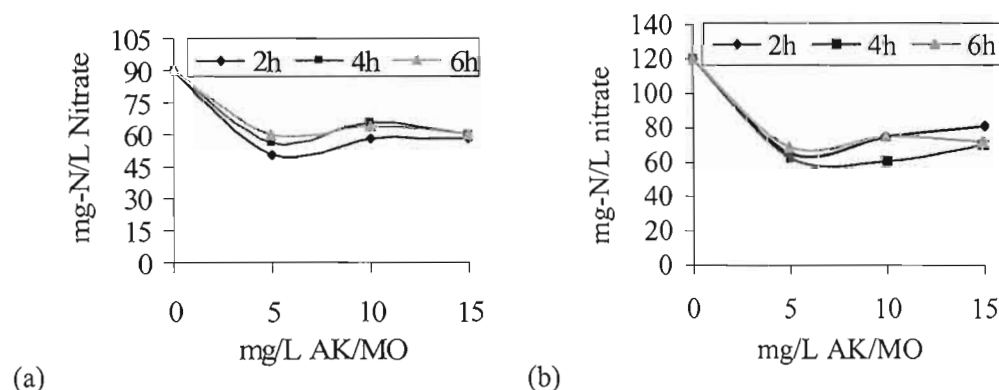


Figure 5.18 (a et b) Enlèvement des nitrates par l'argile AK au premier cycle (2h) suivie de filtration et de rajout de la suspension de *Moringa* aux autres cycles de filtration (4h et 6h) à pH 7,57.

La comparaison des figures 5.17 (a et b) et 5.18 (a et b) montre que l'utilisation des ABM et AK au premier cycle et du *Moringa oleifera* aux autres cycles de traitement n'élimine pas le phénomène de désorption. Pour la concentration de 90 mg-N/L, la désorption

se produit dès après le premier cycle de traitement. Dans le cas de l'utilisation de l'argile AK et de *Moringa* au premier cycle et la suspension des graines d'*Anacardium occidentale* (AO) aux autres cycles de traitement, les résultats sont présentés à la figure 5.19 (a et b)

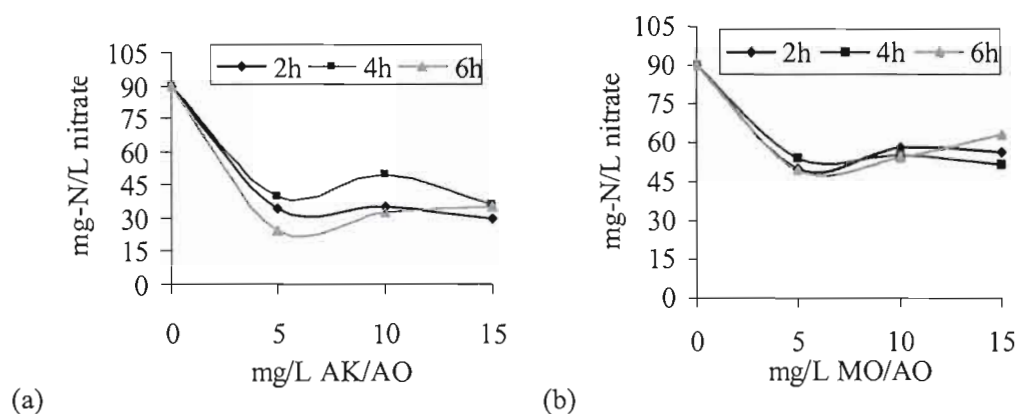


Figure 5.19 (a et b) Utilisation de l'argile AK (a) et de la suspension de *Moringa* (b) au premier cycle (2h), suivie de filtration et de rajout de la suspension des graines d'*Anacardium occidentale* aux autres cycles de filtration (4h et 6h) à pH 7,57.

Contrairement aux cas précédents le phénomène de désorption ne se produit pas au troisième cycle de traitement. Ainsi, la concentration initiale de 90 mg-N/L a pu être réduite jusqu'à 18 mg-N/L, soit une élimination de 80% avec la combinaison AK/AO. Dans le cas du système MO/AO, l'enlèvement a été de 50%. La figure 5.19 (a) montre que la suspension de l'argile AK (2h) tout comme l'argile ABM (2h) de la figure 5.17 (a), sont capables de réduire des concentrations initiales de 90 mg-N/L jusqu'à 67% des nitrates en deux heures de traitement. L'agitation du système pendant quelques minutes avant rajout des nitrates améliore aussi l'efficacité du traitement. Ceci est visible lorsqu'on compare les deux courbes (2h) des figures 5.19 (a) et 5.18 (a) pour l'argile AK avec la même concentration initiale de 90 mg-N/L. La persistance du phénomène de désorption a conduit aux tests d'enlèvement des nitrates par les mélanges argiles/*Moringa*.

5.7 Enlèvement des nitrates par les mélanges d'argile et de *Moringa oleifera*

Les résultats des mélanges de la poudre de *Moringa* et de l'argile ABM sont présentés à la figure 5.20 (a, b, c et d).

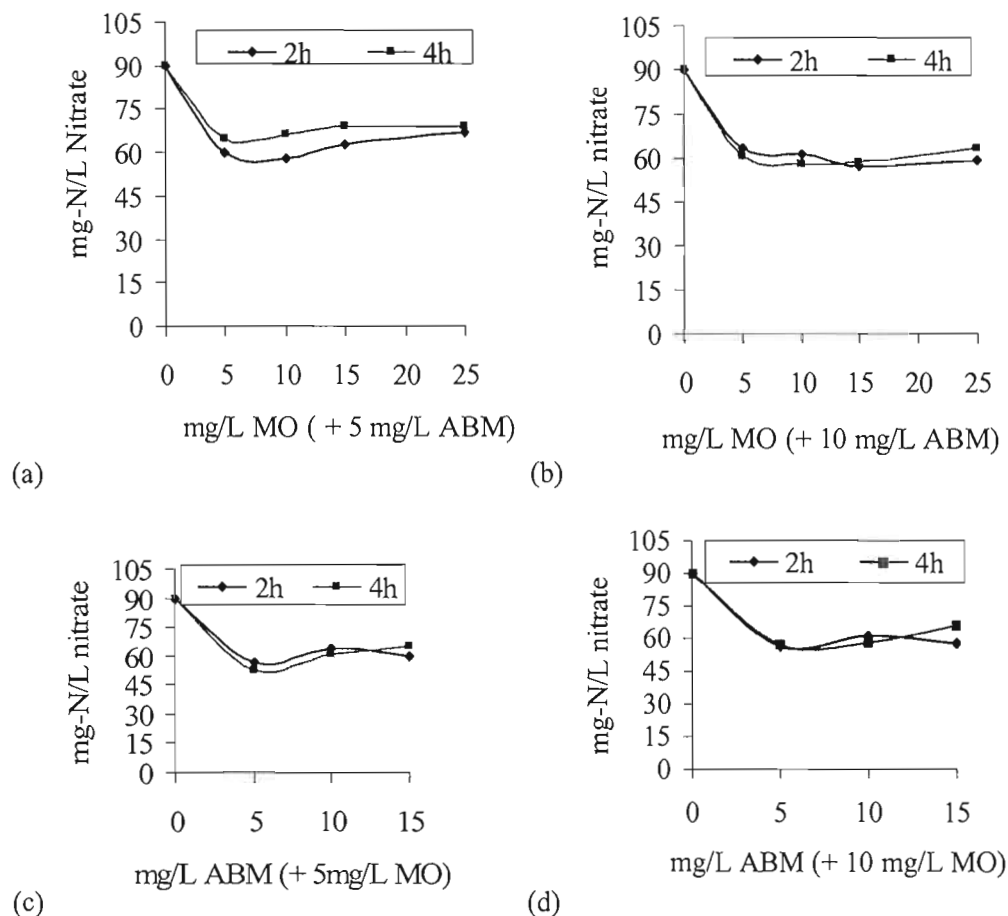


Figure 5.20 (a, b, c et d) Enlèvement des nitrates par le mélange de l'argile ABM et du *Moringa oleifera* à pH 7,57.

Les résultats montrent que les mélanges de *Moringa* avec les argiles améliorent peu le traitement et n'éliminent pas le phénomène de désorption des nitrates. L'ensemble des résultats montre cependant, que les poudres et les suspensions des argiles et des plantes étudiées contribuent à l'enlèvement des nitrates. Des concentrations initiales de 30 à 120 mg-

N/L de nitrates ont pu être réduites de 53 à 86%. Leur rendement affecté par le phénomène de désorption est amélioré avec la diminution du pH et parfois par la filtration.

5.8 Discussion

La présence de concentrations de nitrates supérieures à la valeur guide de l'OMS dans les échantillons d'argile et dans les eaux de puits et de forage des tableaux 5.1 et 5.2, confirment les données obtenues par Barry *et al.* (2000) qui ont montré que 67% des eaux des puits et des forages en zones rurales ont des concentrations en nitrates qui vont de 30 à 60 mg-N/L de nitrate. Cette pollution n'est pas isolée des activités agricoles en particulier avec les cultures de rente de coton génétique qui se pratiquent en Haute Guinée. La plupart des bassins versants du fleuve Niger et de ses affluents dont le Tinkisso sont affectés par cette culture. La problématique de la contamination des nappes phréatiques par les nitrates est commune aux États de l'Afrique de l'ouest, tant en zones urbaines qu'en zones rurale (Girard et Hillaire-Marcel, 1997, Tandia *et al.*, 1999). Elle l'est aussi pour les autres pays développés. Par exemple, lors de l'analyse de la contamination de l'eau souterraine par les nitrates et les pesticides dans les régions de culture de la pomme de terre du Québec, Giroux (2003) a trouvé que 49 % des puits échantillonnés étaient contaminés par les pesticides, 42% par les nitrates avec des concentrations qui excèdent la valeur guide de l'OMS (10 mg-N/L) et 27% par les bactéries. En outre, des études de suivi des nitrates au niveau des puits et des forages pendant plusieurs années ont montré que l'évolution des nitrates peut s'opérer dans les deux sens, enrichissement et abattement (Laftouhi *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2005). Une évaluation plus juste de l'évolution des nitrates dans les eaux souterraines nécessite ainsi, un historique des données plus complètes pour un ensemble plus large de stations de mesures. L'évaluation ponctuelle ne peut donc refléter la qualité globale d'une nappe souterraine ou d'une masse d'eau. Elle peut toutefois servir d'outil dans la prise de décision. Les résultats de la présente étude et de celles déjà réalisées doivent permettre la mise en place de programmes de protection de la ressource en eau et de suivi de la qualité des eaux des sources d'approvisionnement des populations aussi bien en zones rurales qu'en zones urbaines où l'assainissement fait en général défaut.

Les résultats des tests ont montré que les argiles locales commercialisées et utilisées à des fins thérapeutiques sont contaminées par les nitrates et les métaux lourds et ont confirmé l'hypothèse selon laquelle ces produits sont capables d'enlever les nitrates des eaux polluées. En effet, deux catégories de sites de fixation des argiles sont classiquement distinguées : les sites résultant de la charge permanente négative de la structure et les sites liés aux charges variables sur les bordures des feuillets (Fletcher et Sposito, 1989; Warner, 1998). Selon Zachara et Mckinley (1993), sur les sites à charges variables se trouvent des groupements Al-OH des surfaces d'oxydes d'aluminium, les groupements (FeOH) des surfaces des oxydes de fer, les groupements AlOH et Si-OH au niveau des feuillets des kaolinites et les sites à charge fixe des kaolinites. Ces groupements ont un comportement amphotère en solution et sont des sites de fixation potentielle d'espèces en solution. Ainsi, dans les sols tropicaux et subtropicaux acides comme les Ultisols, Alfisols, Andisols, Acrisols, Oxisol, etc., le transfert des anions comme NO_3^- et Cl^- est retardé par la charge variable positive que développent ces sols au niveau de la surface de leurs minéraux amphotères (Ryan *et al.*, 2001; Qafoku et Sumner, 2001; McVays *et al.*, 2004; Strahm et Harrison, 2006). D'après ces auteurs, ces sols ont la capacité d'adsorber les anions. La charge permanente sur les minéraux provient des substitutions isomorphes (capacité d'échange cationique), alors que la charge variable qui dépend du pH provient des oxydes et des bordures des feuillets des particules minérales (capacité d'échange anionique). À bas pH, les sites positifs prédominent alors qu'à pH élevé ce sont les sites négatifs (Tamura, 2004).

McVays *et al.* (2004) dans leur étude sur l'échange d'anion sur la saprolite ont admis que la source de capacité d'échange anionique sur ce matériau provient des oxydes de fer et des feuillets des particules de kaolinite chargés positivement au pH naturel de la saprolite. Plusieurs autres études portant sur la rétention des sels de NO_3^- et Cl^- par les sols tropicaux acides ont montré que la quantité retenue est plus grande dans les sols contenant de la kaolinite avec des oxydes d'aluminium et de fer (Toner *et al.*, 1989; Qafaku et Sumner, 2001). L'adsorption des nitrates augmente avec la diminution du pH à cause de la dépendance des charges positives avec ce paramètre. Ces auteurs soulignent que la charge positive résulte des réactions de protonation et de déprotonation des groupes hydroxyles à la

surface des colloïdes. Au niveau des argiles locales étudiées, les analyses minéralogiques et physicochimiques ont montré qu'elles sont constituées principalement de kaolinite (32 à 92%) mélangées à de quantités de mica (1 à 37%), de silice sous forme de quartz (0 à 25%), de smectite (0 à 6%), de pyrophyllite (0 à 38%) et de petites quantités de feldspath, de gypse et de TiO_2 (0 à 4%). Le quartz et la smectite sont plus importants au niveau des roches argileuses commercialisées (tableau 5.10) et comportent des oxydes de fer, d'aluminium et autres (tableaux, 5.5 à 5.9). Leur provenance étant tropicale et leur pH acide (tableau 5.3), il résulte de ce qui précède que ces facteurs expliqueraient leur capacité de rétention des nitrates. Concernant la présence des métaux lourds au niveau des argiles contaminées par les nitrates (tableau 5.4), Schindler *et al.* (1987) soutiennent que le groupement aluminol joue un rôle dans la fixation de métaux lourds sur les kaolinites. Il existerait ainsi, beaucoup de sols ou d'argiles locales dans la nature qui sont dotés de propriétés de rétention à la fois des cations et des anions.

Cette rétention des polluants par les argiles locales les transforme en barrière naturelle de confinement et de stockage des métaux lourds, des nitrates et autres polluants dans le site Ramsar de Tinkisso. Ceci permet d'améliorer la qualité de l'environnement en particulier des eaux souterraines. Cependant, l'exploitation incontrôlée des mines d'or et les rejets miniers et agricoles dans le site détruisent etaturent cette barrière de confinement en affectant la qualité des ressources en eau souterraine et de surface. Leur contamination par des métaux lourds et des nitrates permet d'expliquer en partie l'impact des activités dans le site sur la santé humaine et des écosystèmes et montre la nécessité des études et des évaluations des impacts des activités minières, agricoles et forestières dans cette zone humide de Tinkisso qui joue un rôle écologique et environnemental important pour la sous région.

La comparaison des performances des poudres des argiles non conditionnées et conditionnées avec une solution saturée de NaCl présentée aux figures 5.1, 5.2 et 5.3 montre pour l'ensemble des argiles que le conditionnement améliore peu l'enlèvement des nitrates et atténue peu le phénomène de désorption par rapport aux argiles naturelles. Ceci pourrait être imputable en partie à l'occupation des sites de rétention des nitrates par Cl^- au niveau des

argiles conditionnées. Dans tous les cas, ces résultats confirment leur capacité de rétention des nitrates et les risques que représente leur consommation par les populations en particulier des femmes en grossesse et stériles qui abusent de leur usage. Le comportement du reste des argiles étudiées (ATI, ATA, ATO, AB) ayant manifesté la même tendance, les argiles naturelles ont été utilisées pour le reste des expériences.

Les tests ont également montré que les suspensions des argiles (préparées après agitation des poudres dans 10 mL d'eau avant introduction dans le système) sont plus efficaces que les poudres introduites directement. La différence d'efficacité entre les poudres et les suspensions d'argile est confirmée par les figures 5.3 (a) et 5.4 (a) pour l'argile naturelle ABM à la concentration initiale de 30 mg-N/L. Dans le cas de la suspension, il n'y a pas de diminution brusque de l'enlèvement des nitrates avec l'augmentation de la concentration de la suspension (courbe 2h) comme indiqué à la figure 5.4 (a) contrairement à la figure 5.3 (a) pour la poudre. Les résultats de la figure 5.4 (a, b, c et d) montrent que le traitement par cascade de filtration permet d'améliorer l'efficacité de traitement sans pour autant faire disparaître le phénomène de désorption. Ainsi, avec les concentrations de 30, 60, 90 et 120 mg-N/L, il y a eu une élimination de 60, 82, 65 et 53% respectivement.

Le comportement des argiles par rapport au pH suit une même tendance. L'influence du pH sur la rétention des nitrates par les argiles présentée aux figures 5.5 (a et b) et 5.6 (a et b), indique que les comportements des deux argiles AK et ABM sont similaires. Une diminution du pH favorise la rétention des nitrates. Cette rétention peut augmenter avec la concentration des argiles des carrières de sables (AK, ATI, ATO et ATA), tout comme elle peut diminuer dans certains cas avec la concentration des argiles commercialisées (AB, ABM, AJ et AJS). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Qafoku et Sumner (2002) et Allred *et al.* (2007). Leur étude réalisée sur colonnes de sols reconstitués a montré que si le milieu est acide et l'argile contient une quantité importante de kaolinite, d'oxydes de fer et d'aluminium, les nitrates peuvent être adsorbés. De plus, la charge positive sur les oxydes de fer et d'aluminium des colloïdes augmente avec la diminution du pH (Kinjo, et Pratt, 1971). Ceci expliquerait l'augmentation de l'efficacité de la rétention des nitrates et la

diminution de la désorption avec celle du pH au niveau des produits testés. Ces données justifient les hypothèses formulées au départ sur la capacité des argiles d'éliminer et de relarguer les nitrates et sur l'effet du pH sur leur performance.

La persistance du phénomène de désorption montre que l'échange n'est pas de type spécifique, mais physique. Ce dernier est caractérisé par des complexes de sphère externe qui sont régis par des forces électrostatiques moins stables que les complexes de sphère interne qui font intervenir des liaisons ioniques et covalentes (Sposito, 1989a; 1989b). On parle de complexe de sphère externe, lorsqu'une molécule d'eau est intercalée entre le groupement de surface et l'espèce en solution. Par ailleurs, d'après Toner *et al.* (1989), la rétention des nitrates sur la surface des argiles peut être complètement réversible et être affectée par la texture. Donn et Menzies (2005) ont montré lors du passage d'une solution artificielle dans des colonnes de sols reconstitués, que la diminution de la force ionique de la solution du sol qui se traduit par la diminution de la densité de charge positive de surface des minéraux à charges variables, est responsable du relâchement des nitrates conformément aux prédictions de l'équation de Gouy-Chapman. Ceci est en accord avec les résultats obtenus. L'augmentation des produits formés au cours du traitement pourrait aussi contribuer à la diminution de la force ionique. En effet, l'amélioration des rendements avec le traitement discontinu par filtration justifie de telle hypothèse.

En outre, les observations de Rasiah *et al.* (2003) et de Donn *et al.* (2004) sur la distribution des sulfates retenus dans les profils des sols reconstitués, ont permis de conclure que la compétition entre les sulfates et les nitrates sur les sites peut influencer l'adsorption des nitrates. Pour ces auteurs, les argiles affectent la mobilité des nitrates de deux manières : la rétention et la désorption. Ceci corrobore les données obtenues avec l'ensemble des produits naturels utilisés dans le cadre de cette étude. Hyun *et al.* (2003) notent en plus, que la sorption des anions sur les sites chargés positivement des argiles est affectée par la présence d'autres anions et leur sélectivité ou affinité pour les sites positifs. L'ordre approximatif de sélectivité serait le suivant : phosphate > silicate > sulfate >> nitrate > chlorure. Pour ces auteurs, lorsque la concentration d'un anion donné augmente, son habileté

à déplacer un autre anion de la surface des argiles augmente, particulièrement avec les anions à affinité relativement faible. Ces données justifient l'augmentation de la quantité de nitrate adsorbée par chaque 5 mg/L des produits naturels étudiés avec l'accroissement de la concentration initiale des nitrates de 30, 60, 90 et 120 mg-N/L. Par ailleurs, le relargage de quantités appréciables de nitrates par les argiles et les eaux polluées avec la température d'ébullition s'expliquent aussi par le fait que 5 mg/L d'argile est capable de réduire ces concentrations en nitrates de 53% à plus de 80% selon les données obtenues.

La différence entre l'efficacité des poudres et des suspensions d'argile est imputable à la complexité du comportement des suspensions. Cette complexité provient de la grande variété d'interactions possibles entre les particules (d'origines colloïdales, tension de surface, hydrodynamiques, rhéologiques, de frottement, de collision, etc.) et des propriétés des particules de la suspension (forme, taille, rugosité, densité, déformabilité, fraction volumique, sensibilité à l'agitation, etc.). Lorsque la poudre est utilisée directement, la suspension formée après agitation dans un litre d'eau est très diluée. Ses propriétés diffèrent de celles formées après agitation de la même quantité de poudre dans 10 mL d'eau. Dans ce cas, la suspension devient très concentrée et ses propriétés : taille et forme des particules, interactions interparticulaires, propriétés de surface, fraction volumique, arrangement spatial des particules, répulsion électrostatique, propriétés physicochimiques et hydrodynamiques, rhéologiques, etc., sont très différentes de celles de la poudre introduite directement. De tels changements favorisent l'enlèvement des nitrates. Les processus chimiques qui conduisent à la rétention des nitrates par les argiles sont en général peu compris. Seules des informations relatives à la description de la chimie des profils des sols sont disponibles. Il apparaît ainsi, qu'il est possible à partir des produits locaux, d'obtenir des produits efficaces en traitement des eaux.

Dans le cas de *Moringa oleifera*, il apparaît que le comportement de la poudre des graines et des suspensions dans l'enlèvement des nitrates est assez similaire à celui des argiles locales. La figure 5.7 (a et b) montre que la poudre des graines de *Moringa oleifera* élimine les nitrates jusqu'à 67% et leur bonne conservation dans des récipients en plastique hermétiques n'a pas altéré les principes actifs pendant trois ans. Ceci constitue un avantage

du point de vue pratique pour la production d'adsorbants et de coagulants naturels dans les pays en développement qui dépendent des importations de produits chimiques pour le traitement des eaux. Comme l'a soutenu Goh (2005), même si le coût de production de un kilogramme (3400 graines) de MO (2 US\$ approximativement) est plus élevé que celui de l'alun (1 US\$ approximativement), sa culture est bénéfique aux populations en terme de santé, de fourrage, d'alimentation et de vente des graines aux compagnies et institutions pour la production d'huile, de tourteau, de coagulants et d'adsorbants. Les figures 5.7 (a et b) et 5.8 (a, b, c, d, e et f) indiquent que la poudre de MO peut enlever les nitrates à toutes concentrations utilisées. Cependant, au fur et à mesure que la concentration initiale des nitrates augmente (60, 90 et 120 mg-N/L), un phénomène de désorption se produit avec la durée de traitement. Plusieurs expériences ont montré que la désorption peut débiter après deux ou trois heures de traitement.

Pour la concentration initiale de 30 mg-N/L, la figure 5.8 (a et b) montre que les faibles concentrations (2,5 à 15 mg/L) de la poudre sont aussi efficaces que les grandes concentrations (50 à 200 mg/L). Plus la concentration des nitrates augmente plus la désorption a tendance à se produire. C'est le cas par exemple des concentrations de 60 mg-N/L (courbe 4h en c) et de 90 (courbe 4h en d) de la figure 5.8. Toutefois, la prolongation de la durée de traitement dans ce dernier cas, réduit parfois la désorption (courbe 6h en d et f). Le rajout à ce stade des mêmes quantités du produit favorise la désorption (courbe 8h en d et f). La figure 5.8 (e et f) indique que l'augmentation de la concentration de la poudre pour la même concentration initiale de 120 mg-N/L, améliore légèrement le traitement au premier cycle (2h) sans empêcher la désorption même après rajout de 25 mg/L de la poudre après le troisième cycle de traitement (courbe 8h en e). Ceci atteste que le rajout de la poudre au cours du traitement peut conduire à une désorption comme l'ont montré plusieurs autres expériences. Ces résultats ont conduit à l'hypothèse que la prolongation de la durée de traitement des nitrates avec la poudre de MO sans filtration peut contribuer à la formation de produits compétitifs ou à la compétition des éléments présents dans l'eau sur les sites de rétention des nitrates. Cette hypothèse a été confirmée par les résultats de la figure 5.9 (a, b, c, d, e, et, f) qui montrent que le traitement par cycle de filtration et de rajout des mêmes

quantités de la poudre, améliore le traitement en éliminant le phénomène de désorption. Ainsi, la concentration initiale de 30 mg-N/L a pu être réduite à 5 mg-N/L, soit une valeur inférieure à celle recommandée par l'OMS pour l'eau potable. Les fortes concentrations de la poudre (50 à 200 mg/L) ont tendance à être un peu plus efficaces que les concentrations inférieures à 15 mg/L de la poudre. Ainsi, pour les concentrations initiales de 30, 60, 90 et 120 mg-N/L de nitrates, il y a eu un enlèvement de 83, 53, 57 et 72% respectivement.

Dans le cas de l'utilisation des suspensions de la poudre, la figure 5.10 (a, b, c, d, e, f et g) indique que celle-ci est plus efficace que la poudre de la figure 5.8 (a, b, c, d, e et f) et cette efficacité se manifeste avec les faibles concentrations. Avec les concentrations de 5 et 25 mg/L, il a été possible de réduire des concentrations de 30 et de 60 mg-N/L de nitrate à 8 et 11 mg-N/L, soit un enlèvement de 75 et 82% respectivement. Après quatre heures de traitement, il se produit la désorption qui déstabilise le processus de rétention avec les concentrations de 90 et 120 mg-N/L, comme indiqué à la figure 5.10 (e et f). Avec la concentration initiale de 120 mg-N/L, la concentration résiduelle a été de 50 mg-N/L, soit une élimination de 58% avec 5 mg/L de la suspension. La comparaison de la figure 5.10 (f et g), indique que contrairement à la poudre de MO, l'augmentation de la concentration de la suspension n'améliore pas l'efficacité de traitement. En outre, le rajout de 25 mg/L de suspension au cours du traitement contribue à la diminution de la désorption (courbe 8h en g) sans toutefois, améliorer le rendement. Ceci a conduit au traitement discontinu par filtration suivie du rajout des mêmes quantités de la suspension de *Moringa*.

Comme dans le cas de la poudre de *Moringa*, les résultats de la figure 5.11 (a, b, c, d, e et f) indiquent que le traitement par cascade de filtration est plus efficace à cause de la réduction du phénomène de désorption. Ce qui a permis de réduire les concentrations initiales de 30 et 60 mg-N/L à 5 et 8 mg-N/L respectivement, soit une élimination de 83 et 86% respectivement. Pour les concentrations de 90 et 120 mg-N/L, la désorption se produit. En comparant la figure 5.11 (c et d), il apparaît que l'augmentation de la concentration de la suspension contribue à l'élimination du phénomène et à l'augmentation des rendements avec les concentrations des suspensions. Concernant l'influence du pH, il a été admis comme dans

le cas des argiles, que celui-ci affecte l'enlèvement des nitrates par les suspensions de *Moringa*. Les résultats de la figure 5.12 (a, b, c et d) montrent que la diminution du pH améliore de manière significative l'enlèvement des nitrates par la suspension de MO et atténue le phénomène de désorption. Par ailleurs, les rendements augmentent avec la concentration de la suspension de MO. Ce résultat pourrait se traduire par la formation de plus de sites de rétention des nitrates au niveau du produit. De tels résultats pourraient être exploités dans le traitement des rejets acides comme ceux des mines d'or répandues dans le site Ramsar de Tinkisso. En plus du *Moringa oleifera*, les figures 5.13 (a, b et c), 5.14 (a, b, c et d), 5.15 (a et b) et 5.16 (a et b) montrent que les graines d'*Anacardium occidentale*, de *Tamarindus indica*, de *Terminalia cattapa* et la pulpe des graines d'*Adansonia digitata* sont aussi efficaces dans l'enlèvement des nitrates. Les suspensions sont plus efficaces que les poudres. Pour la concentration initiale de 90 mg-N/L de nitrate, les suspensions d'*Anacardium occidentale*, de *Tamarindus indica*, et de la pulpe des graines d'*Adansonia digitata* ont permis une réduction de 67, 82 et 62% respectivement. Quant à la suspension de *Terminalia cattapa*, elle a réduit de 58% la concentration initiale de 60 mg-N/L. Les résultats obtenus avec les graines cuites et non cuites de *Tamarindus indica* constituent en outre, une piste de recherche de coagulants et d'adsorbants avec les graines de plantes en particuliers utilisées en alimentation soit sous forme crue ou cuite. En comparant la figure 5.14 (c et d), il apparaît que les graines cuites sont plus efficaces aux deux premières heures que les graines non cuites. Elles ont permis de réduire la concentration initiale de 90 mg-N/L de nitrate à 82%.

La comparaison des figures 5.17 (a et b) et 5.18 (a et b) montre que l'utilisation des argiles ABM et AK au premier cycle de traitement discontinu (2h) et du *Moringa oleifera* aux autres cycles de traitement après filtration, n'élimine pas le phénomène de désorption. Pour la concentration de 90 mg-N/L, la désorption se produit dès après le premier cycle de traitement, alors que pour la concentration de 120 mg-N/L, il y a une légère amélioration. Les résultats de la figure 5.19 (a et b) indiquent que l'utilisation de l'argile AK et de *Moringa* au premier cycle de traitement et la suspension des graines d'*Anacardium occidentale* aux autres cycles de traitement permet d'améliorer le rendement. Ainsi, la concentration initiale de 90

mg-N/L a pu être réduite jusqu'à 18 mg-N/L soit un enlèvement de 80% avec la combinaison de l'argile AK au premier cycle et d'*Anacardium occidentale* aux autres cycles de traitement. Quant aux figures 5.19 (a) et 5.17 (a), ils montrent que les argiles AK (2h) et ABM (2h) sont capables de réduire des concentrations initiales de 90 mg-N/L jusqu'à 67% en deux heures de traitement. L'agitation du système pendant quelques minutes avant rajout des nitrates améliore aussi l'efficacité du traitement des argiles. Pour le mélange des produits, les résultats de la figure 5.20 (a, b, c et d) montrent que les mélanges d'argiles et de *Moringa* n'améliorent pas le traitement et ne réduisent pas le phénomène de désorption des nitrates.

L'ensemble des résultats montre que les poudres et les suspensions des plantes et des argiles étudiées contribuent à la réduction des concentrations initiales de 30, 60, 90 et 120 mg-N/L de nitrate de 53 à 86%. Ainsi, la concentration initiale de 60 mg-N/L de nitrate a pu être réduite jusqu'à 8 mg-N/L, soit une concentration inférieure à la valeur guide de l'OMS. Les suspensions des produits restent plus efficaces que les poudres utilisées directement en traitement des eaux. La revue de la littérature montre que les polyélectrolytes anioniques existent dans plusieurs produits naturels. C'est le cas de la gomme de *Cassia angustifolia* qui est reconnue être un bon coagulant et adsorbant naturel (Sanghi, *et al.*, 2002). Gassenschmidt *et al.* (1995) ont montré que la poudre des graines de MO contient une quantité importante de glutamine, de proline et de 60 autres produits. Cette composition complexe des graines de MO, serait à l'origine de leurs multiples propriétés (coagulantes, adsorbantes, alimentaires et médicinales). En outre, les polymères fixateurs d'anions diffèrent du point de vue structures, fonctions et mécanisme de formation des complexes. Dans ce domaine, Král *et al.* (1999) soutiennent que certaines protéines contiennent dans leur structure des ions métalliques capables de fixer les anions. Par ailleurs, Orlando *et al.* (2003) soulignent que les mélanges de lignine et de cellulose pure ont confirmé au cours des tests d'échange d'ion, que la lignine est le composant réactif majeur qui est à la base de l'échange anionique, alors que la cellulose semble être le support matériel des échanges. Parmi les produits testés, MO contenait 30,4% de lignine extractible. Comme les polymères fixateurs d'anions diffèrent du point de vue structures, fonctions et mécanisme de formation des complexes, une étude approfondie pourrait aider à connaître les principes actifs et les mécanismes de fixation des nitrates par les

produits naturels étudiés dont les comportements sont en général similaires. Les résultats de cette étude témoignent ainsi qu'il est possible en Afrique de trouver au niveau local des produits naturels efficaces pour le traitement des eaux polluées par les nitrates. La poursuite de telles études pourrait alléger les importations, améliorer la santé des populations et encourager la production au niveau local des coagulants, des adsorbants et des désinfectants naturels à travers les programmes de reboisement des bassins avec les espèces indigènes.

5.9 Conclusion

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude montrent que l'utilisation des produits naturels locaux à la place des produits exotiques peut permettre de résoudre tout un éventail de problèmes dans le secteur de l'eau. En plus de la décontamination des points d'eau infectés par les vecteurs des bilharzioses, de l'onchocercose et de la dracunculose et de la lutte contre plusieurs autres maladies, leur valorisation peut contribuer à la production de coagulants, d'adsorbants et désinfectants naturels efficaces, économiques et compatibles avec les cultures locales et l'environnement. Ceci a été corroboré par les résultats de l'enlèvement des nitrates par les argiles locales, les graines de *Moringa oleifera*, d'*Anacardium occidentale*, de *Tamarindus indica*, de *Terminalia cattapa* et la pulpe des graines d'*Adansonia digitata*. Les analyses des argiles commercialisées et consommées à des fins thérapeutiques par les populations ont montré qu'elles sont constituées essentiellement de kaolinite (32 à 92%) et comportent des quantités de mica (1 à 37%), de silice sous forme de quartz (0 à 25%), de smectite (0 à 6%), de pyrophyllite (0 à 38%), de petites quantités de feldspath, de gypse et de TiO_2 (0 à 4%). Le quartz et la smectite sont plus importants au niveau des roches argileuses commercialisées que dans les argiles des carrières de sables. En plus des charges fixes, elles possèdent dans leurs structures des charges variables qui leur permettent de retenir les nitrates, et ce, davantage en milieu acide comme dans le cas de *Moringa oleifera* et des autres produits naturels testés. Elles constituent une barrière de stockage des nitrates et des métaux lourds dans les sols. Sur leurs sites à charges variables, se trouvent des groupements Al-OH de surface, d'oxydes d'aluminium, des groupements (FeOH) de surface, des oxydes de fer et autres, des groupements AlOH et Si-OH au niveau

des feuillets des kaolinites qui favorisent la rétention des nitrates. Ces groupements ont un comportement amphotère en solution et sont des sites de fixation potentielle d'espèces anioniques en solution. Pour des concentrations de 30 à 120 mg-N/L, une élimination de 53 à 82% a pu ainsi être obtenue avec une concentration de 5 mg/L de suspension d'argile.

Ces résultats confirment l'hypothèse relative à leur capacité d'enlever et de relarguer des nitrates dans les eaux et révèlent le danger que représente leur consommation avec les eaux polluées par les populations. Leur composition et leur pH acide montrent qu'elles pourraient appartenir aux sols tropicaux acides de types Ultisols, Alfisols, Acrisols, Oxisol, etc., dominés par les kaolinites et qui retardent le transfert des anions comme NO_3^- et Cl^- , grâce à la charge variable positive qu'ils développent au niveau de la surface de leurs minéraux amphotères. À bas pH, leurs sites positifs prédominent alors qu'à pH élevé ce sont surtout les sites négatifs. Par ailleurs, les poudres et les suspensions des poudres de ces argiles et des graines des plantes (préparées avec 10 mL d'eau avant usage) n'ont pas le même comportement vis-à-vis de nitrates. Les suspensions restent plus efficaces à cause des changements des structures et des propriétés des minéraux amphotères : taille et forme des particules, interactions inter particulaires, propriétés de surface, fraction volumique, arrangement spatial des particules, répulsion électrostatique, propriétés physicochimiques, hydrodynamiques, rhéologiques, etc. Lorsque les argiles sont traitées avec des solutions saturées de NaCl, elles améliorent peu l'enlèvement des nitrates. Ceci est imputable en partie au fait que les sites de rétention des nitrates sont déjà occupés en partie par les ions Cl^- lors du conditionnement des argiles.

Pour l'ensemble des produits naturels testés, l'apparition de phénomène de désorption avec la durée de traitement et sa persistance ne permet pas dans tous les cas d'améliorer le traitement même après utilisation de différents produits (argiles et parties de plantes) au niveau des cycles de filtration. Ce phénomène est parfois plus marqué avec les suspensions des poudres par rapport aux poudres utilisées directement. Le relâchement des nitrates avec la durée de traitement est imputable en partie à la texture et à la diminution de la force ionique qui se traduit par la diminution de la densité de charge positive de surface des minéraux à

charges variables et à la présence des produits compétitifs comme les sulfates dans l'eau. La filtration et la diminution du pH (de 7,57 à 3) contribuent toutefois, à réduire le phénomène en améliorant de manière significative le rendement avec la concentration. Cette performance des produits naturels dans l'enlèvement des nitrates avec la diminution du pH pourrait être exploitée pour le traitement des eaux à pH acide comme les rejets miniers du site Ramsar de Tinkisso.

Par ailleurs, comme dans le cas de l'utilisation de décoctions et de poudres de parties de plantes par les guérisseurs pour décontaminer leurs points d'eau infectés par les vecteurs des bilharziose, de l'onchocercose et de la dracunculose, il est possible que l'introduction de quantité importante de ces argiles et de parties des plantes testées au niveau de ces points d'eau puisse aussi réduire leur eutrophisation, vu que 5 mg/L de produit peuvent enlever de 53% à plus de 80% des concentrations de 30 à 120 mg-N/L de nitrates. Les résultats des tests d'enlèvement des nitrates par les poudres et les suspensions des poudres des graines de *Moringa oleifera*, d'*Anacardium occidentale*, de *Tamarindus indica*, de *Terminalia cattapa* et de la pulpe des graines d'*Adansonia digitata*, ont montré que ces produits naturels ont parfois la capacité d'enlever les nitrates des eaux polluées plus que les argiles. Les suspensions des poudres sont toutefois plus efficaces que leurs poudres utilisées directement (plantes et argiles). Avec les suspensions des parties des plantes, il a été possible de réduire des concentrations initiales de 30, 60, 90 et 120 mg-N/L à 5, 8, 16 et 30 mg-N/L, soit un enlèvement de 83, 86, 82% et 75% respectivement. Avec les graines cuites de *Tamarindus indica* (après préparations des sauces), la concentration initiale de 90 mg-N/L a pu être réduite à 16 mg-N/L, soit un enlèvement de 82% contrairement aux graines non cuites qui ont été moins performantes. Ceci constitue une autre piste de recherche d'adsorbants naturels.

Il existe ainsi au niveau local des possibilités de production des coagulants, des adsorbants et des désinfectants naturels efficaces, économiques et compatibles avec les cultures locales et l'environnement. La culture de *Moringa* et des plantes identifiées dans les zones d'étude et leur introduction dans les reboisements des bassins versants et des têtes de source pourraient ainsi être bénéfiques à l'environnement et aux populations en termes de

santé, de fourrage, d'alimentation, de traitement des eaux et des maladies. Ces résultats indiquent en plus, l'importance de l'utilisation des espèces et produits locaux par rapport aux espèces exotiques et la nécessité de la mise en synergie des connaissances modernes et traditionnelles pour la conservation de la biodiversité et de la qualité de l'environnement. Comme les ressources en eau sont affectées par le ruissellement et les drainages miniers et agricoles, le prochain chapitre sera consacré à l'utilisation de ces argiles et du *Moringa* dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits et de marigot.

CHAPITRE VI

TRAITEMENT DES EAUX DE PUIITS ET DE MARIGOT À L'AIDE DE *MORINGA OLEIFERA* ET DES ARGILES LOCALES.

L'objectif poursuivi dans ce chapitre est de démontrer qu'en plus de l'enlèvement des nitrates par *Moringa oleifera* et les argiles locales, ces produits sont aussi efficaces pour l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits et de marigot, engendrées par le ruissellement, les drainages miniers et le tarissement précoce en saison sèche de ces principales sources d'approvisionnement des populations en zones rurales et périurbaines.

6.1 Introduction

Dans de nombreuses régions de l'Afrique, l'eau trouble et polluée des rivières et des puits est utilisée pour boire et faire des préparations à domicile. En Guinée, pendant la saison sèche qui dure de six à plus de huit mois selon les régions, les sources tarissent et les eaux sont souvent chargées de matières en suspension et dissoutes qui leur donnent une certaine coloration. De plus, les cours d'eau sont affectés par les drainages miniers sans traitement qui contribuent à l'accroissement de leur turbidité et couleur et à leur envasement. Cette turbidité et cette couleur sont éliminées conventionnellement en traitant l'eau avec des produits chimiques importés et coûteux. Ces coagulants ou flocculants sont inorganiques, organiques synthétiques sous forme de polymères ou naturels. Les deux coagulants les plus utilisés sont les sels d'aluminium (alun) et de fer (III). L'alun, le plus utilisé particulièrement dans le domaine du traitement des eaux, produit des quantités significatives de boues inorganiques en réduisant l'alcalinité. Ces inconvénients ont amené certains chercheurs à s'intéresser à l'utilisation de coagulants naturels issus de plantes, d'argiles et d'animaux (chitosane). À

l'exception de ce dernier, les autres ont été traditionnellement utilisés par les populations dans tous les continents.

Depuis la confirmation scientifique des propriétés coagulantes des graines du *Moringa oleifera* (MO) utilisées par les femmes soudanaises pour traiter l'eau boueuse du Nil, une recherche systématique des coagulants naturels a été menée sur les 14 espèces de *Moringa* existantes (Jahn et Dirar, 1979; Jahn, 1981; Jahn, 1988a; Folkard, 1997). Selon ces auteurs, il existe neuf espèces en Afrique, deux à Madagascar et deux en Inde possédant toutes des propriétés coagulantes. Parmi ces espèces figurent *M. peregrina* Fiori (Égypte), *M. stenopetala* Bak. (Kenya), *M. longituba* Engl. (Somalie), *M. drouhardii* Jumelle (Madagascar) et *M. ovalifolia* Dinter and Berger (Namibie). La recherche de coagulants et d'adsorbants naturels, efficaces, biodégradables, économiques et à moindre risque, devient ainsi nécessaire pour les pays en développement confrontés aux difficultés d'importation de produits chimiques et aux maladies liées à l'eau. En Guinée, même s'il existe des produits locaux comme *Moringa* et les argiles, il n'y a pas encore de tradition de potabilisation de l'eau à l'aide de ces produits naturels. Or, l'eau non traitée constitue une source de plusieurs maladies : choléra, diarrhées, dysenterie, méthémoglobinémie et autres qui tuent de nombreuses personnes en particulier des enfants.

Ce chapitre vise à consolider les données relatives à l'enlèvement des nitrates à l'aide de produits naturels et à montrer que la mise en synergie des connaissances modernes et traditionnelles et la valorisation des produits naturels locaux peut contribuer au développement de technologies de traitement des eaux simples efficaces et compatibles avec les cultures locales. Dans ce domaine, plusieurs études ont été consacrées au *Moringa oleifera*. Cependant, la comparaison de l'efficacité des suspensions et des poudres des graines et avec les argiles locales dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits et de marigot en zones rurales et périurbaines est peu documentée. En outre, lors des tests de coagulation floculation, les chercheurs ont souvent utilisé des eaux synthétiques préparées avec du kaolin et les extraits de la poudre de *Moringa* avec l'eau distillée pour apprécier la performance du produit. Pour aider les populations rurales à appliquer la coagulation

floculation pour le traitement de leur eau à domicile, une comparaison de la performance de la poudre et des extraits avec l'eau distillée et brute des différentes sources d'approvisionnement (de puits et de marigot) a été examinée.

6.2 Enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits et de marigot avec *Moringa oleifera* (MO) et les argiles locales

6.2.1 Enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de puits avec la poudre et les extraits de *Moringa oleifera* L

Compte tenu de la variabilité des caractéristiques des eaux des différentes sources d'approvisionnement, les tests de coagulation floculation ont été réalisés avec différentes turbidités et couleurs initiales. Les paramètres mesurés sont la turbidité et la couleur. Au niveau des résultats, le temps correspond aux durées de décantation pour les prélèvements et les mesures de la turbidité et de la couleur. Quant aux concentrations des poudres et des suspensions, elles sont équivalentes ($3 \text{ mL/L} = 25 \text{ mg/L}$ et $6 \text{ mL/L} = 50 \text{ mg/L}$). Les valeurs guides de l'OMS sur l'eau potable (2006) des deux paramètres sont 5 UTN (unité de turbidité néphélométrique) et 15 UCV (unité de couleur vraie). Les mesures ont été faites à des intervalles de 30 minutes de décantation. Les résultats des mesures de la turbidité et de la couleur sont présentés aux tableaux 6.1 et 6.2.

Tableau 6.1 Enlèvement de la turbidité (UTN) de l'eau de puits par les extraits et la poudre de *Moringa oleifera* (MO) à pH = 5,6 et à T= 25°C

Durée décantation en minutes		0	30	60	90	120	150	180
Produit	Conc.	UTN						
Témoin	0 mL/L	400	388	369	357	351	348	342
Extrait avec eau distillée	3 mL/L	400	77	59	54	53	52	51
	6 mL/L	400	53	43	40	39	38	37
Extrait avec eau brute	3 mL/L	400	82	71	67	64	63	62
	6 mL/L	400	76	66	62	59	58	57
Poudre	25 mg/L	400	207	172	153	132	115	97
	50 mg/L	400	176	176	159	122	98	77
Extrait avec eau distillée	3 mL/L	120	20	14	12	10	8	7
	6 mL/L	120	44	20	14	14	7	4
	9 mL/L	120	33	19	12	9	6	4
Extrait avec eau brute	3 mL/L	120	30	24	20	14	12	10
	6 mL/L	120	40	17	13	9	7	6
	9 mL/L	120	42	33	26	20	17	14
Poudre	25 mg/L	120	71	27	19	14	13	13
	50 mg/L	120	54	28	20	13	12	8
	75 mg/L	120	56	28	22	15	13	10

Tableau 6.2 Enlèvement de la couleur (UCV) de l'eau de puits par les extraits et la poudre de *Moringa oleifera* (MO) à pH = 5,6 et à T= 25°C

Durée décantation en minutes		0	30	60	60	120	150	180
Produit	Conc.	UCV						
Extrait avec eau distillée	3 mL/L	40	38	45	45	56	54	53
	6 mL/L	40	36	44	49	54	51	52
Extrait avec eau brute	3 mL/L	40	39	43	43	58	52	63
	6 mL/L	40	37	42	46	64	56	62
Poudre	25 mg/L	40	36	45	38	39	37	33
	50 mg/L	40	34	46	41	36	34	31

Les résultats des tableaux 6.1 et 6.2 indiquent qu'indépendamment de la turbidité initiale de l'eau et de l'utilisation des extraits avec l'eau brute et l'eau distillée ou de la poudre de MO, il y a un abattement de la turbidité avec le temps. Cependant, les extraits sont plus efficaces que la poudre de MO. Avec l'extrait dans l'eau distillée, il a été possible par exemple de réduire la turbidité initiale des 120 UTN à 4 UTN, qui est inférieure à la valeur guide de l'OMS, soit une élimination de 97%. Dans le cas de la couleur, contrairement à la poudre, il se produit avec les extraits, des variations dans le temps qui ne permettent pas d'atteindre la valeur guide de l'OMS (15 UCV). Ceci explique que les mécanismes d'élimination des deux paramètres sont très différents. Un enlèvement de la turbidité ne signifie pas nécessairement un enlèvement de la couleur. Les produits de réaction dans le cas des extraits seraient une des causes de cette situation. Par ailleurs, des données, il apparaît que la durée de traitement pour atteindre les valeurs guides des deux paramètres est souvent longue. Pour réduire ce temps, le recours à la filtration est souvent nécessaire. La combinaison de la coagulation floculation et de la filtration sur couche de sable de 0,5 mm de diamètre effectif, de 1,6 de coefficient d'uniformité et de $2,58.10^{-3}$ m/s de coefficient de perméabilité et d'épaisseur de 20 cm (utilisée par les femmes pour la filtration de leur eau), a donné les résultats présentés au tableau 6.3.

Tableau 6.3 Effet de la combinaison de la coagulation floculation avec *Moringa* et de la filtration sur couche de sable de 20 cm d'épaisseur pour la réduction de la durée de traitement de l'eau de puits à pH 5,5 et à T= 25°C

Durée décantation en minutes		0	30	Après filtration sur couche de sable de 20 cm d'épaisseur
produit	Conc.	UTN		
Extrait MO avec eau brute	3 mL/L	300	64	10
	6 mL/L	300	64	8
	9 mL/L	300	66	12
Poudre de MO	25 mg/L	300	82	14
	50 mg/L	300	67	12
	75 mg/L	300	66	13
UCV				
Extrait MO avec eau brute	3 mL/L	87	68	23
	6 mL/L	87	66	30
	9 mL/L	87	58	27
Poudre de MO	25 mg/L	87	81	29
	50 mg/L	87	62	31
	75 mg/L	87	59	29

Les données de ce tableau 6.3 montrent que cette combinaison de la coagulation floculation lors du traitement peut réduire la turbidité, la couleur et la durée de traitement. Cependant, la durée de décantation et les caractéristiques du filtre sont déterminantes dans l'optimisation du processus. Tenant compte du niveau de formation des populations, il est possible de coaguler les quantités d'eau de consommation journalière le soir et les filtrer le matin. Pour le même échantillon d'eau, cette alternative a permis de réduire la turbidité de 300 UTN et la couleur de 87 UCV de l'eau coagulée le soir et filtrée le matin à plus de 99%, avec des valeurs inférieures à celles recommandées par l'OMS pour les deux paramètres. La

filtration sur couche étant pratiquée par les femmes en zones rurales et urbaines (figure 2.8), cette alternative pourrait être recommandée pour améliorer la santé des populations démunies.

6.2.2 Enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de puits avec la poudre de MO et les argiles locales

Les performances des argiles ABM, AB et AK et de celle de MO réalisée dans les mêmes conditions sont présentées aux tableaux 6.4 et 6.5.

Tableau 6.4 Enlèvement de la turbidité (UTN) de l'eau de puits par la poudre de *Moringa oleifera* (MO) et les argiles locales à pH = 5,8 et à T= 25°C

Durée décantation en minutes		0	30	60	90	120	150	180
Produit	mg/L	UTN						
Poudre de MO	25	200	125	103	94	85	72	67
	50	200	100	79	69	61	54	52
ABM	25	200	75	65	60	55	45	41
	50	200	84	77	73	63	56	49
AB	25	200	22	19	18	17	15	14
	50	200	7	5	4	4	3	2
AK	25	200	18	9	5	3	2	1
	50	200	3	2	2	1	1	1

Tableau 6.5 Enlèvement de la couleur (UCV) de l'eau de puits par la poudre de *Moringa oleifera* (MO) et les argiles locales à pH = 5,8 et à T= 25°C

Durée de décantation en minutes	0	30	60	90	120	150	180	
Produit	mg/L	UCV						
Poudre de MO	25	40	34	40	39	41	36	35
	50	40	33	33	37	46	42	38
ABM	25	40	39	28	8	7	5	2
	50	40	42	29	13	7	6	4
AB	25	40	33	18	12	4	2	2
	50	40	36	16	10	1	1	1
AK	25	40	38	20	12	8	5	4
	50	40	36	19	10	7	5	3

Les résultats de ces tableaux 6.4 et 6.5 indiquent que pour les valeurs initiales de 200 UTN et de 40 UCV de l'eau de puits, les argiles sont plus efficaces que la poudre de MO dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur. L'enlèvement des deux paramètres a été de plus de 98%, soit des valeurs inférieures à celles recommandées par l'OMS (5 UTN et 15 UCV) et ceci même avec des valeurs de turbidité et de couleur initiales plus élevées comme indiqué à la figure 6.1 (a et b) avec l'argile AB.

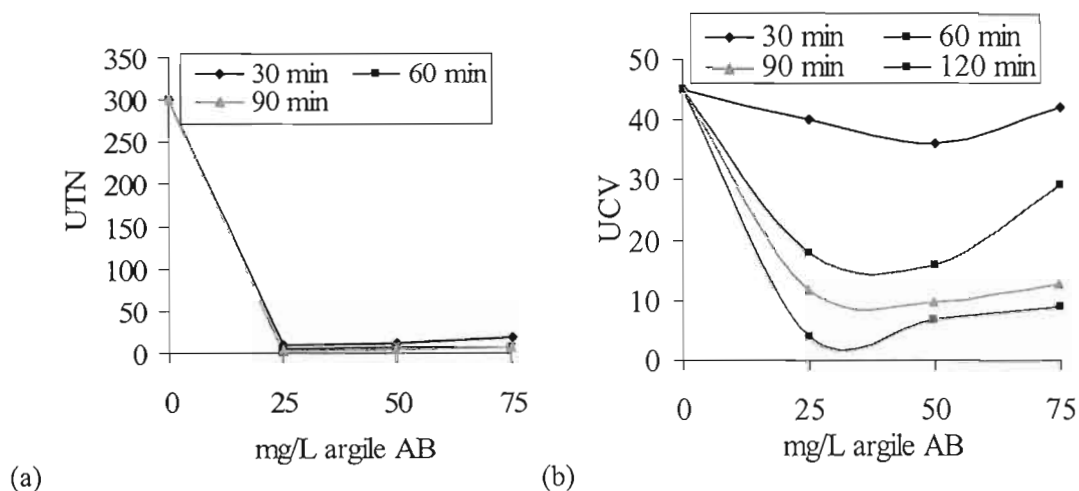


Figure 6.1 (a et b) Enlèvement de la turbidité (a) et de la couleur (b) de l'eau de puits par l'argile AB (à pH = 5,6 et à T= 25°C).

Compte tenu de la différence de composition des eaux de puits et de marigot, il est possible d'admettre comme hypothèse que les argiles, la poudre et les extraits de *Moringa* ont en plus, des comportements différents vis-à-vis de l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de surface (marigot).

6.3 Enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de marigot avec la poudre, les extraits de *Moringa* et les argiles

Les résultats de la performance des argiles, de la poudre et des extraits de *Moringa* avec l'eau de marigot sont présentés aux tableaux 6.6 et 6.7

Tableau 6.6 Enlèvement de la turbidité (UTN) de l'eau de marigot par les extraits, la poudre de *Moringa oleifera* et les argiles locales à pH 5,5 et à T= 25°C

Durée de décantation en minutes		0	30	60	90	120	150	180
Produit	Conc.	UTN						
Extr. MO avec eau distillée	3 mL/L	45	7	6	5	4	3	1
	6 mL/L	45	7	7	6	5	5	3
Extr. MO avec eau brute	3 mL/L	45	8	7	9	6	5	4
	6 mL/L	45	10	9	8	7	6	5
Poudre de MO	25 mg/L	45	3	2	1	1	0	0
	50 mg/L	45	4	2	2	1	1	0
	25 mg/L	45	3	2	2	1	1	1
	50 mg/L	45	3	2	2	1	1	1
AB	25 mg/L	45	12	10	8	6	5	4
	50 mg/L	45	21	18	16	12	9	7
AK	25 mg/L	45	18	15	11	8	7	5
	50 mg/L	45	22	17	15	12	8	6

Tableau 6.7 Enlèvement de la couleur (UCV) de l'eau de marigot par la poudre, les extraits de *Moringa oleifera* (MO) et les argiles locales à pH 5,5 et à T= 25°C

Durée décantation en minutes		0	30	60	90	120	150	180
Produit	Conc.	UCV						
Extrait MO dans eau distillée	3 mL/L	30	29	27	28	23	18	15
	6 mL/L	30	25	24	22	19	17	15
Extrait MO dans eau brute	3 mL/L	30	8	6	4	4	2	2
	6 mL/L	30	9	8	6	6	4	3
Poudre de MO	10 mg/L	30	2	1				
	25 mg/L	30	0	0				
	50 mg/L	30	0	0				
AB	10 mg/L	30	9	5	5	3	2	2
	25 mg/L	30	13	15	10	6	4	4
	50 mg/L	30	18	16	10	8	6	5
AK	25 mg/L	30	24	18	15	13	10	7
	50 mg/L	30	23	16	13	11	9	8

Les résultats de ces tableaux 6.6 et 6.7 montrent que contrairement à l'eau souterraine, la poudre de MO est plus efficace dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de surface que les extraits et les argiles et permet avec des valeurs initiales de 45 UTN et de 30 UCV d'atteindre avec une durée réduite les valeurs guides de l'OMS (avec plus 99% d'élimination). Les argiles, tout comme les extraits, sont également efficaces pour cette eau.

Avec la poudre de MO, la performance est maintenue même avec une turbidité de 60 UTN et une couleur de 50 UCV comme indiqué à la figure 6.2 (a et b).

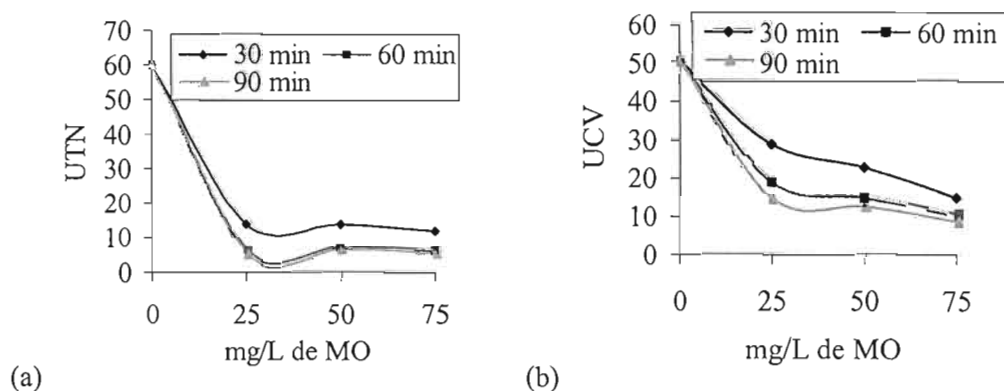


Figure 6.2 (a et b) Enlèvement de la turbidité (a) et de la couleur (b) de l'eau de marigot par la poudre de *Moringa oleifera* à pH 5,8 et à T= 25°C.

Pour comprendre le comportement des mélanges dans le traitement des deux types d'eau, des tests ont été réalisés.

6.4 Enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de marigot et de puits par le mélange d'argile et de la poudre de *Moringa*

Les résultats sont présentés aux tableaux 6.8 et 6.9.

Tableau 6.8 Enlèvement de la turbidité (UTN) des eaux de puits et de marigot par le mélange des argiles AB et AK et de la poudre de *Moringa oleifera* à pH 5,8 et à T= 25°C

Durée décantation en minutes			0	30	60	90	120	150
Eau	Produit	mg/L	UTN					
puits	MO	25	150	33	20	14	10	6
	MO + AB	25 + 10	150	21	11	7	5	2
marigot	MO	25	25	4	2	2	1	1
	MO + AK	25 + 10	25	3	2	1	1	0

Tableau 6.9 Enlèvement de la couleur (UCV) des eaux de puits et de marigot par le mélange des argiles et de la poudre de *Moringa oleifera* à pH 5,8 et à T= 25°C

Durée de décantation en minutes			0	30	60	90	120	150
Source	Produit	mg/L	UCV					
Eau de puits	MO	25	20	21	23	25	21	26
	MO + AB	25 + 10	20	15	18	21	22	24
Eau de marigot	MO	25	25	4	2	2	2	1
	MO + AK	25 + 10	25	3	2	1	1	0

Les données montrent qu'indépendamment du type d'eau, les mélanges sont soit efficaces ou soit largement plus efficace que la poudre de MO seule dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de marigot (avec plus de 99% d'élimination).

6.5 Discussion

La production d'eau potable implique le plus souvent l'utilisation de coagulants et de procédés de coagulation floculation suivis de décantation et de filtration pour éliminer la turbidité et la couleur des eaux. Les résultats de traitement de l'eau de puits des tableaux 6.1 et 6.2 montrent que la poudre et les extraits de la poudre de MO dans l'eau brute et l'eau distillée contribuent à l'enlèvement de la turbidité avec le temps indépendamment de la turbidité initiale de l'eau. Pour une même turbidité initiale, les extraits sont plus efficaces que la poudre surtout avec l'eau distillée où les turbidités initiales de 400 et 120 UTN ont pu être réduites jusqu'à 37 et 4 UTN par 6 mL/L (ou 50 mg/L), soit une élimination de 91 et de 97% respectivement. Tout comme dans le cas des coagulants chimiques, l'efficacité de la poudre et des extraits de MO dépend des caractéristiques initiales des eaux, des formes d'utilisation du coagulant (poudre ou extrait) et des conditions de travail. Dans le cas de la couleur, des variations plus marquées dans le temps sont observées avec les extraits et ne permettent pas d'atteindre la valeur guide de l'OMS (15 UCV). En examinant les données des deux tableaux, il apparaît que les mécanismes d'enlèvement de la turbidité et de la couleur ne sont pas les mêmes pour l'eau de puits avec la poudre de MO et les extraits. Si la poudre est moins efficace que les extraits dans l'enlèvement de la turbidité, elle a tendance à réduire la couleur plus que les extraits (qui ont tendance à l'augmenter).

Par ailleurs, il apparaît que la durée de traitement pour atteindre les valeurs guides de l'OMS est souvent longue. La combinaison des la coagulation floculation avec la filtration permet de réduire cette durée, ainsi que la turbidité et la couleur des eaux traitées comme le témoignent les données du tableau 6.3. La durée de décantation, les caractéristiques du filtre et le type d'eau (puits ou de marigot) s'avèrent déterminantes dans l'optimisation du traitement. De plus, en coagulant la nuit et en filtrant le matin, cette alternative a permis d'éliminer la turbidité et la couleur initiales de 300 UTN et de 87 UCV de l'échantillon du tableau 6.3 à plus de 99%. Ce procédé pourrait être recommandé pour la potabilisation de l'eau de consommation journalière des familles en zones rurales et urbaines où les puits et les marigots sont les principales sources d'approvisionnement des populations.

Les résultats des tableaux 6.4 et 6.5 confirment l'efficacité des argiles locales par rapport à la poudre de MO dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits. Pour la turbidité initiale de 200 UTN, l'efficacité croît avec la concentration des argiles et le temps. L'argile AK la plus performante a permis d'obtenir une turbidité résiduaire de 3 UTN après 30 minutes de décantation avec un abattement de 98,5% et des concentrations ne dépassant pas 50 mg/L. Pour la couleur initiale de 40 UCV, l'abattement a été de 90 à 97,5%. Pour des valeurs initiales de 300 UTN et de 45 UCV, les résultats sont semblables et sont inférieures à la valeur guide de l'OMS comme le montrent la figure 6.1 (a et b) avec l'argile AB. Quant aux résultats des tableaux 6.6 et 6.7, ils indiquent que contrairement à l'eau de puits, la poudre de MO est plus efficace dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur de l'eau de marigot que les extraits de la poudre et les argiles. La turbidité initiale de 45 UTN a pu être réduite à plus de 99 %, de même que la couleur de 30 UCV avec une concentration de 25 mg/L de la poudre. Les extraits de MO et les argiles sont toutefois efficaces pour cette eau et permettent d'atteindre la valeur guide de l'OMS dans le temps. L'efficacité de la poudre se manifeste même avec des valeurs initiales de turbidité et couleur de 60 UTN et de 50 UCV comme indiqué à la figure 6.2 (a et b). Quant aux résultats des tableaux 6.8 et 6.9, ils attestent l'efficacité des mélanges de *Moringa* avec les argiles dans l'enlèvement de la turbidité et de la couleur des eaux de puits et de marigot, par rapport à la poudre de MO seule. Pour les deux types d'eau, le rendement peut atteindre plus de 99%.

En pratique, les coagulants chimiques et les polymères synthétiques sont les plus utilisés à cause de leur efficacité. Ils peuvent toutefois présenter des risques pour la santé (Dejongh *et al.*, 1999). En plus de ce facteur, il y a le prix et l'accessibilité qui font que les graines de *Moringa oleifera* et les argiles offrent des avantages pour les populations démunies. Elles ont été recommandées pour le traitement des eaux en Afrique et en Asie (Okuda *et al.*, 1999; 2001). Ces données ont été corroborées par les résultats de la présente étude qui ont montré que les produits utilisés sont efficaces, économiques et compatibles avec les cultures locales. La différence d'efficacité entre la poudre et les suspensions utilisées, pourrait être liée à des propriétés de surface, de changement de structure et de propriétés des colloïdes lors de la préparation des suspensions, à la différence de pH des eaux brute et

distillée et au type d'eau, etc. En effet, si les extraits de la poudre de MO ont été plus efficaces que la poudre de MO dans l'eau de puits, l'inverse s'est produit avec l'eau de marigot. Par ailleurs, pour réduire la durée et améliorer le traitement, il faut une combinaison de la coagulation floculation et de la filtration. Cependant, une coagulation optimale est nécessaire pour obtenir une filtration efficiente (Logsdon, 2000; Emelko, 2003). Celle-ci est plus importante par rapport aux paramètres de filtration comme le type de filtre et le débit de filtration (Robeck *et al.*, 1964; Ghosh *et al.*, 1994). Les efficacités de la coagulation floculation et de la filtration sont ainsi intimement liées.

L'utilisation de filtre à sable lent dans les pays en développement peut ainsi constituer un moyen efficace de traitement des eaux en zones rurales et périurbaines. En effet, ces filtres ne nécessitent pas, la présence constante d'un opérateur. Ils sont appropriés pour les systèmes de traitement de l'eau de petite taille ou qui emploient des opérateurs à temps partiels (Logsdon *et al.*, 2002). De plus, pour optimiser le traitement au niveau des ménages, les résultats obtenus dans le cadre de cette étude montrent que la combinaison de la coagulation floculation des eaux de boisson le soir avec *Moringa* et les argiles seules ou combinés (pour leur décantation la nuit) et de leur filtration le matin, peut être recommandée en Afrique. Dans le cas de l'utilisation du MO, Ndabigengesere *et al.*, (1995) ont démontré lors de tests d'échange d'ion sur colonne, que les charges positives présentes dans l'eau constituent un prérequis pour l'initiation de la coagulation. Les mesures du potentiel Zeta ont montré que le mécanisme de coagulation prédominant avec MO est régi par l'adsorption et la neutralisation des charges et par le pontage interarticulaire qui favorise la formation de gros floes (Muyibi and Evison, 1996). En outre, ces produits naturels améliorent la filtrabilité des eaux traitées. Plusieurs autres études ont montré que l'enlèvement de la turbidité avec MO peut atteindre 80 à 99% aussi bien avec les eaux troubles naturelles qu'avec les eaux synthétiques préparées au laboratoire avec du kaolin (Muyibi et Okufu, 1995; Ndabigengesere *et al.*, 1995; Muyibi et Evison, 1996). Ceci est en accord avec les résultats obtenus.

Par ailleurs, Muyibi et Okufu (1995) considèrent que MO n'est pas efficace avec des eaux de faibles turbidités. Pour des eaux de surface de turbidité comprise entre 23 et 90 UTN,

ils soutiennent que l'élimination n'excède pas 50% à cause de l'augmentation de la turbidité résiduelle avec la diminution de la turbidité initiale à la concentration optimale de MO. En outre, Okuda *et al.* (1999) concluent pour ces mêmes raisons, que l'utilisation du MO pour le traitement de l'eau de boisson n'est pas appropriée, car la turbidité de cette eau est souvent très basse. Les résultats de la présente étude contredisent ces affirmations relatives à l'inefficacité de MO dans le traitement des eaux de faible turbidité. Dans le cas des eaux de marigot par exemple, des turbidités de 25, 45 et 60 UTN avec des couleurs de 25, 30 et 50 ont pu être réduites à plus de 99%. En effet, tout dépend du type d'eau (synthétique, de surface ou souterraine) et de ses caractéristiques.

Parfois, la présence dans l'eau de certains types d'argile en suspension peut renforcer le pouvoir d'élimination du MO comme le montrent les résultats des mélanges des tableaux 6.8 et 6.9, où la turbidité de l'eau de marigot (25 UTN) et la couleur (25 UCV) ont été réduites de manière significative (plus de 99%) et celle de l'eau de puits de 150 UTN à 2 UTN, soit à 99%. Un tel phénomène pourrait expliquer en partie l'écart entre les concentrations citées dans la littérature. Dans le cas par exemple de l'utilisation d'eau synthétique préparée avec du kaolin, Katayon *et al.* (2005) soutiennent que les doses optimales de MO pour réduire des turbidités de 80, 50 et 34 UTN sont respectivement, 180, 300 et 400 mg/L de MO. Or, celles-ci sont élevées par rapport à celles utilisées dans le cadre de la présente étude (25 et 50 mg/L) pour l'abattement des turbidités voisines. Quant à l'efficacité des argiles locales, Jahn (1988a; 1989b) soutient que les montmorillonites facilitent la coagulation floculation. En outre, Sanghi *et al.* (2002) et Jahn (1989b) mentionnent que le gypse (CaSO_4) et plusieurs autres argiles sont reconnues être des bons coagulants et adsorbants. Ceci corrobore les résultats obtenus qui montrent en plus qu'un enlèvement de la turbidité ne signifie pas toujours un enlèvement de la couleur des eaux. Pour Julian *et al.* (1994), si la coagulation floculation dépend très largement de la formation de complexe entre les molécules et les espèces hydrolysées, l'adsorption sur floccs préformés résulterait bien d'une interaction de ces molécules à la surface du solide par un mécanisme d'apparence essentiellement électrostatique. Cette adsorption selon ces auteurs, dépendrait de la charge portée par le flocc et de la molécule comme l'ont montré les mesures de zétamétrie.

Compte tenu de l'expérience des femmes dans la construction et l'utilisation des filtres pour l'amélioration de la qualité de leur eau en particulier en saison sèche qui dure plus de sept mois, leur système de traitement peut être amélioré. Abordant dans ce contexte l'effet bénéfique de la combinaison de la coagulation floculation avec la filtration, Folkard et Sutherland (1992) notent qu'avec une concentration de 200 mg/L de *Moringa*, la turbidité d'une eau de 1000 UTN a pu être réduite à moins de 10 UTN par coagulation/sédimentation, puis à moins de 1 UTN après le filtre à sable et les coliformes à plus de 96%. Parlant de la construction des filtres, Folkard (1997) précise qu'en diminuant la taille des grains (0,5 à 1 mm de diamètre) du filtre ou en augmentant sa profondeur (120 cm), la qualité de l'eau peut être améliorée. Il note que l'augmentation de la taille des grains (0,85 à 1,70 mm) diminue la qualité de l'eau surtout à de forts taux de filtration. Ceci permet cependant, de diminuer les pertes de charge (colmatage) et d'augmenter le volume d'eau traitée avant le nettoyage du filtre. Ces avantages peuvent être conservés en augmentant la profondeur du filtre (de 70 à 120 cm) et en gardant des grains de plus grandes tailles.

Des procédés pilotes combinant les argiles et les parties de plantes avec la filtration sur couche pourraient être expérimentés dans cette direction. Abordant la question, Folkard (1997) rappelle que des essais avec un filtre composé de sable (70 cm) et d'anthracite (45 cm) ont montré une diminution du colmatage sans diminution de la qualité de l'eau traitée. La méthode de « contact floculation filtration » (CFF) serait aussi idéale dans ce cas. Elle consiste à introduire le coagulant dans l'eau brute juste avant l'entrée du filtre. Dans ce cas, la floculation et le dépôt des floes se font directement dans le filtre. Cette technique utilisée avec MO comme coagulant, serait selon l'auteur, efficace avec des eaux de turbidité inférieure à 35 UTN. Les eaux très colorées ou présentant de forts taux de matières organiques seraient les mieux traitées. Des essais effectués par Faby et Eléli, (1993) dans une station dont les modes de fonctionnement n'ont pas été changés, montrent qu'une substitution de l'alun par *Moringa* semble difficile à mettre en place, mais des tests portant sur une association de *Moringa*-sulfate d'alumine auraient donné des résultats intéressants dans ce domaine. Il apparaît ainsi possible d'entrevoir en Afrique des applications de tels types de procédés combinant des produits naturels locaux.

D'après Folkard et Sutherland (1992) et Folkard *et al.* (2002), un dispositif de traitement à l'échelle pilote a permis la construction, dans la ville de Thyolo au sud du Malawi, d'un système de traitement qui a été un succès durant la période des pluies où la rivière pouvait avoir une turbidité atteignant 400 UTN. En outre, Jahn (1989a; 1989b) soutient que l'institut des établissements humains à Bandung (Indonésie) a travaillé à petite échelle sur le traitement par coagulation et filtration au niveau familial avec le *Moringa* et sur une unité de traitement plus large de 200 L avec une agitation manuelle et un système de filtration composé de gravier, de sable et de charbon de bois. L'auteur rapporte en plus qu'une équipe germano-burundaise a pu construire une micro station d'une capacité de 2,5 m³ par jour desservant 100 personnes. L'abattement bactérien a été meilleur sur lit profond, car les graines de MO introduisent des dérivés d'isothiocyanate dont la toxicité et les effets antimicrobiens ont été étudiés (Grabow *et al.* 1985; Thies, 1995; Kibreab *et al.*, 2005). Parlant de la potabilisation de l'eau au niveau familial, Jahn et Dirar (1979) et Jahn (1981 et 1988a) notent en outre, que l'accélération à l'aide des argiles locales de type bentonite du processus de coagulation floculation avec la poudre des graines de MO constitue la méthode traditionnelle de purification de l'eau de consommation au Soudan par les femmes. Pour la préparation des suspensions d'argile, une poignée du « Rauwaq » contenant de la bentonite est délayée dans l'eau et remuée pendant 10 à 30 minutes comme dans le cas du MO. La suspension obtenue est alors versée dans l'eau trouble de la jarre.

Les familles qui traitent l'eau avec l'argile de type bentonite et des matières d'origine végétale, semblent ainsi avoir de faibles perturbations gastro-intestinales (Lund et Jahn, 1980). L'addition de la bentonite au début sert comme support d'attache des bactéries à la surface des particules et une quantité importante de ces bactéries attachées est éliminée par sédimentation des floes (Madsen *et al.*, 1987). Les virus entériques auraient une affinité pour les solides. Ces virus seraient adsorbés sur les particules d'argile au cours de la coagulation floculation tandis qu'ils seraient éliminés au cours de la sédimentation des floes. La raison de cette adhésion n'est pas encore claire. Tout comme le MO, les argiles soudanaises de type bentonite contribuent à la clarification de l'eau et à l'élimination des micro-organismes comme le *schistosoma mansoni cercarie* de 90 à 95% après une heure de coagulation

floculation (Olsen, 1987). La bentonite pure n'est pas utilisée comme flocculant en traitement conventionnel de l'eau. Elle est ajoutée aux eaux très polluées pour adsorber les micro-organismes (Degrémont, 1979). Ces données corroborent l'importance de la mise en synergie des connaissances modernes et traditionnelles dans la réalisation des objectifs du millénaire.

6.6 Conclusion

Les résultats de cette étude indiquent qu'il existe des moyens locaux pour améliorer la qualité de l'eau de boisson en zones rurales et périurbaines des pays en développement. Ils confirment l'efficacité de traitement des eaux par le *Moringa oleifera* (suspension et poudre), les argiles de carrières de sables et des roches argileuses commercialisées et consommées à des fins thérapeutiques par les populations rurales et urbaines. Dans le cas des eaux de puits, les extraits de la poudre de MO dans l'eau distillée et dans l'eau brute sont plus efficaces que la poudre utilisée directement. Ils ont permis dans certains cas d'atteindre des valeurs inférieures à la valeur guide de l'OMS. De plus, cet enlèvement de la turbidité se poursuit dans le temps à toutes les concentrations utilisées (25, 50 et 75 mg/L). Pour l'eau de puits, les argiles locales sont plus efficaces et ont permis de réduire des turbidités initiales de 200 et 100 UTN et une couleur de 40 UCV à plus de 99% avec des concentrations de 25 et 50 mg/L. La filtration des eaux coagulées sur couche de sable après décantation permet de réduire la durée de traitement. La coagulation des eaux avec les argiles locales et le *Moringa oleifera* (MO) le soir et leur filtration le matin peuvent contribuer dans plusieurs cas à une élimination de près de 99% de la turbidité et de la couleur des eaux de 300 UTN et de 87 UCV par exemple. Pour l'eau de marigot, la poudre de MO est plus efficace que les extraits et les argiles et permettent des éliminations de la turbidité et de la couleur de près de 99%. Les mélanges de la poudre de MO avec les argiles améliorent les rendements par rapport aux produits individuels aussi bien avec les eaux de puits qu'avec celle de marigot. Les données obtenues sur l'ensemble des produits testés montrent en effet que les produits naturels ont des propriétés universelles (coagulants, adsorbants, désinfectants, échangeurs d'ion, etc.) qui leur donnent plus d'avantage par rapport aux produits chimiques. En Afrique, à l'image des autres pays, il apparaît ainsi la possibilité de développer des procédés de traitement des eaux à petite

et à grande échelle utilisant des produits locaux économiques, efficaces et compatibles avec l'environnement et les cultures locales.

Le soutien des populations et la promotion de tels procédés peuvent favoriser la production et la vente de coagulants, d'adsorbants et de désinfectants naturels non seulement pour la décontamination des points d'eau, mais aussi pour son traitement à différentes échelles. Les tests de démonstration sur le terrain ont montré que les femmes sont très réceptives et intéressées au traitement de leur eau avec des produits locaux. Une équipe expérimentée en traitement des eaux peut superviser le processus de coagulation floculation et de filtration au niveau familial en expérimentant avec ces femmes pour déterminer les doses de poudre de graines de plantes et d'argile à appliquer. La maîtrise des techniques de traitement : broyage, préparation des extraits, agitation, décantation, séparation du clair, filtration sur couche de sable, entretien du filtre et maintien de l'hygiène, pourraient ainsi aider les démunis à potabiliser leur eau et à lutter contre les maladies liées à l'eau. De telles stratégies présentent beaucoup d'avantages, surtout que les produits naturels testés remplissent certaines conditions : abondance, absence de toxicité, facilité de production et acceptation du point de vue culturel. Les graines de *Moringa* répondent bien à ces critères, car le *Moringa oleifera* est particulièrement facile à cultiver de manière intensive et il est adapté à la plupart des zones tropicales. Ses multiples usages en alimentation et en santé humaine et animale et sa résistance à la sécheresse, encouragent sa culture dans les bassins versants. De plus, il trouve avec les argiles locales et les graines des autres plantes testées et identifiées, une acceptation culturelle favorable pour l'ensemble des communautés. Leur utilisation et combinaison dans des procédés simples efficaces et économiques constituent une alternative économique pour les pays africains. Il va de même de l'intégration des connaissances, pratiques et espèces indigènes dans les programmes de reboisement des bassins versants, des forêts, des têtes de sources et des zones humides déjà menacées par les pressions humaines et les invasions biologiques.

CHAPITRE VII

INTÉGRATION DES CONNAISSANCES, PRATIQUES ET ESPÈCES INDIGÈNES DANS LA LUTTE CONTRE LES INVASIONS BIOLOGIQUES ET L'AMÉLIORATION DES RESSOURCES HYDRIQUES ET FORESTIÈRES

L'objectif principal de ce chapitre synthèse est de montrer à partir des données obtenues que pour mieux cerner la problématique environnementale, lutter contre les invasions biologiques et réussir dans la cogestion des ressources hydriques et forestières en Afrique, la mise en relation de divers modes académiques et non académiques d'appréhension du réel tangible et intangible est à privilégier. Ceci est essentiel pour contrer les impacts de la mondialisation à travers la rectification des politiques actuelles de développement et la réactualisation des pratiques et valeurs socioculturelles qui favorisent la conservation et la cohésion sociale. La protection de l'environnement n'est pas que technique, elle est aussi culturelle. Des pratiques traditionnelles ont émergé des savoirs holistiques qui ont permis aux savants locaux de protéger l'environnement. En plus d'enrichir les connaissances modernes, ils permettent de définir des enjeux, de fixer des priorités et d'apporter des solutions efficaces et économiques aux problèmes posés par les changements climatiques et la déperdition écologique et culturelle actuelle. Au lieu de les opposer, il vaut mieux les mettre en parallèle pour ancrer l'action environnementale des citoyens dans leurs cultures. En effet, grâce aux alliances de sang, à l'arbre à palabre, au sceau du sacré, à la formation et à l'éducation relative à l'environnement des confréries traditionnelles et à la maîtrise de l'énergie vitale au niveau des autels, les savants locaux ont pu contrôler leurs communautés et protéger leurs forêts et mares sacrées aux biodiversités originelles. Ils constituent pour les sociétés traditionnelles africaines, une force capable de dompter l'Homme dans sa complexité et ses désirs matériels et de domination de la nature, plus qu'il ne pense pouvoir être dominé. Ils représentent le pivot de leur principe de conservation et de résolution des conflits. La cogestion des ressources naturelles et la lutte contre les conséquences des changements climatiques nécessitent ainsi une vision d'ensemble incorporant une variété de connaissances et de pratiques tant traditionnelles que modernes.

7.1 Introduction

En Afrique, la dissémination dans la nature des espèces exotiques et des OGM affecte la santé humaine et des écosystèmes à travers les invasions biologiques, la diffusion de polluants, de maladies et de nouveaux gènes aux cultures indigènes et autres organismes. De telles contaminations peuvent dans le temps engendrer de nouveaux types de pollutions génétiques à caractère souvent irréversible. En l'absence de mesures et de politiques de développement durable, cette dissémination peut entraîner des conséquences socioéconomiques et environnementales difficiles à contrôler. C'est pourquoi, l'article 8 h de la convention des Nations Unies sur la diversité biologique (CDB) stipule que les pays signataires devraient dans la mesure du possible, prévenir les dégâts causés par ces espèces et mettre au point des stratégies, plans ou programmes nationaux à cette fin. En outre, dans son article (8j), cette même convention reconnaît l'importance des connaissances traditionnelles dans la conservation de la biodiversité et encourage les États à les valoriser et à soutenir la participation des communautés autochtones et locales dans cet effort de conservation. Par ailleurs, dans l'article 30 du projet de déclaration sur les droits des populations autochtones des Nations Unies de 1994, il est dit que les peuples autochtones ont le droit de définir des priorités et d'élaborer des stratégies pour la mise en valeur et l'utilisation de leurs terres et ressources, d'exiger que les États obtiennent leur consentement avant l'approbation de tout projet ayant une incidence sur leur vie et sur leurs ressources. De même, l'article 7(1) de la Convention N° 169 de l'Organisation Internationale du Travail (OIT) de 1991 relative aux peuples indigènes et tribaux, reconnaît que les peuples intéressés doivent avoir le droit de décider de leurs priorités en ce qui concerne le processus du développement, dans la mesure où celui-ci a une incidence sur leur vie, leurs croyances, leurs institutions, leur bien-être spirituel et les terres qu'ils occupent ou utilisent.

En dépit de la signature de ces conventions par les États, leur application en Afrique demeure encore difficile et préoccupante tant par les institutions nationales et d'aide au développement que les sociétés privées souvent dominées par les intérêts à court terme. L'antagonisme qui existe entre législations et connaissances modernes et traditionnelles et la

prévalence de la logique économique au détriment du social et de l'environnement ont favorisé cette situation. Sur la base des résultats découlant des enquêtes menées dans les principaux bassins versants, il apparaît un besoin réel de partage et d'application de tout ce que recèlent les systèmes de connaissances modernes et traditionnels pour apporter des solutions aux problèmes posés par les invasions biologiques, la dégradation de l'environnement et les changements climatiques.

La déperdition écologique et culturelle à laquelle nous assistons aujourd'hui et l'échec des projets de développement en Afrique proviennent en partie de la mondialisation économique et de la marginalisation du social, de l'environnement et des connaissances et pratiques indigènes de conservation. Le peu de respect accordé aux diverses conventions par les gouvernements et les promoteurs de projets rend dans la plupart des cas, leurs modèles de gestion et de cogestion des ressources naturelles peu efficaces et peu appréciés des communautés confrontées à la pauvreté. Malgré les échecs enregistrés ça et là, peu de gouvernements et d'institutions sont encore conscients de la nécessité de la mise en synergie des deux modes de connaissances modernes et traditionnelles pour atténuer les impacts. Or, nous devons prendre conscience que les technologies et les connaissances des grandes puissances économiques ont réussi à prendre la place des technologies et connaissances indigènes qui ont contribué de façon significative à la conservation des écosystèmes. Avec les conséquences des changements climatiques actuels, il apparaît nécessaire dans ce contexte, de déterminer les éléments valables de ces technologies et connaissances indigènes pour leur réserver une place importante dans la réalisation des objectifs du millénaire et du développement durable.

7.2 Dangers du commerce et de l'utilisation des espèces exotiques et des OGM en Guinée et nécessité de l'utilisation et de la valorisation des espèces indigènes.

Selon les données des enquêtes réalisées dans les bassins aménagés du Foutah Djallon, les invasions biologiques sont la cause de modification de la diversité biologique, des écoulements au niveau des bassins versants et des équilibres naturels. Elles accélèrent la

déperdition de la diversité biologique et culturelle et affectent la santé humaine et des écosystèmes. Contrairement aux effets provoqués par les perturbations anthropiques, leurs impacts socioéconomiques et environnementaux sont imprévisibles et se multiplient avec le temps sans être affectés par la distance en raison du transfert volontaire et involontaire du matériel génétique par les humains, le vent, les animaux, le ruissellement et les moyens de transport. Si les frais de lutte contre leur introduction et utilisation sont peu élevés, par contre, ceux liés à la lutte contre leurs invasions, maladies et dérives génétiques sont si élevés, qu'il est impossible de les évaluer dans le temps et dans l'espace. Une réaction tardive est plus coûteuse pour les pays à tous les niveaux qu'une action immédiate. Suite à l'accroissement des échanges commerciaux entre pays et sous prétexte d'accroître la production pour lutter contre la pauvreté, la déforestation et l'érosion des sols, le nombre de cas d'introduction d'espèces exotiques et d'OGM en Afrique ira en s'accroissant. Ceci provient d'une part, du peu de connaissances, d'informations et de sensibilisation des acteurs sur les dangers socioéconomiques et environnementaux à court, moyen et long terme de ces espèces et d'autre part, à la faiblesse des cadres juridiques et institutionnels et à la prévalence de la logique économique.

Avec le concept de rendement maximal, leur commerce est en train de devenir en Afrique un secteur économique en expansion et peu de décideurs et de citoyens sont conscients de leurs impacts sur la santé humaine et des écosystèmes. Les raisons évoquées par les promoteurs des projets pour justifier leur commerce et usages sont fondées sur leur croissance rapide et rendement élevé par rapport aux espèces indigènes et la lutte contre la pauvreté et la déforestation. Cependant, selon les données des enquêtes, ces objectifs formulés masquent les enjeux et les dangers qu'elles représentent. Par exemple, les plantations exotiques prévues uniquement pour la satisfaction des besoins en bois de feu des populations des grandes villes, ont fini par être classées comme plantations industrielles au même titre que les forêts exotiques de *Pinus*, d'*Eucalyptus*, d'*Acacia*, etc. Ce changement de statut accentue les pressions sur le reste des ressources naturelles menacées par les espèces exotiques et les usages concurrentiels. Par ailleurs, en dépit de la propagation des invasions biologiques, des pollutions génétiques, des ravageurs et des maladies exotiques, peu de

mesures sont prises par les autorités et les promoteurs des projets pour contrer le fléau et interdire le commerce et les usages. Ceci met en danger la biodiversité tropicale, la sécurité alimentaire des populations et encourage leur dépendance vis-à-vis des multinationales tout en accélérant la pauvreté et l'exode rural.

Quant aux principaux acteurs (agronomes et forestiers), ils maîtrisent peu les enjeux liés aux invasions biologiques qui représentent l'un des plus grands défis auxquels est confronté la sous région. La préoccupation actuelle des autorités et de leurs partenaires au développement devrait consister à leur interdiction et élimination à travers l'utilisation et la valorisation des espèces indigènes pour éviter plus de catastrophes écologiques à l'Afrique. Cependant, pour œuvrer dans cette direction, les enquêtes réalisées auprès des décideurs et des gestionnaires montrent peu de volonté politique. Même si certains cadres de la Direction Nationale des Eaux et des Forêts reconnaissent les dangers, les données des enquêtes donnent à voir tout un éventail de logiques allant de la minimisation des impacts des invasions biologiques, jusqu'à des intérêts extrêmes ayant un corollaire de logique de croissance économique au détriment de l'environnement. Le peu de sensibilisation et d'étude et d'évaluation des impacts permet peu aux citoyens confrontés à la pauvreté, d'apprécier les enjeux et de s'impliquer davantage dans la prise de décisions et de mesures d'atténuation. Les intérêts économiques que suscitent leur commerce et l'exploitation des ressources naturelles qui font du pays l'un des plus riches du continent après l'Afrique du Sud et le Zaïre, constituent également une des causes des crises environnementales et sociales actuelles.

Étant donné les risques liés à l'introduction de ces espèces et le fait qu'il est difficile de les éliminer une fois qu'elles se sont acclimatées, la mise en place de réelles stratégies de biosécurité qui vont au delà d'une simple mise en quarantaine dans les centres de recherche agronomique, devraient être une priorité pour les autorités et leurs partenaires. En effet, même si certains auteurs comme Facon *et al.* (2006) considèrent que le succès invasif d'une espèce est lié soit à sa préadaptation au nouvel environnement colonisé, soit à un changement évolutif majeur lui permettant de coloniser le nouveau milieu ou à un changement de l'environnement, les conséquences évolutives des invasions sont peu étudiées et connues en

Afrique. Selon Lavergne (2006) par exemple, une fois établies dans leur nouveau milieu, leur élimination peut entraîner à court terme des modifications importantes de la diversité biologique, un retour rapide de l'envahissement et à l'apparition de nouvelles espèces exotiques envahissantes. Contrairement aux objectifs recherchés, l'élimination de l'espèce envahissante provoquerait plus d'effets négatifs que positifs sur l'écosystème. L'absence d'intervention présenterait moins de perturbations. Pour y remédier, Lavergne (2006) soutient que lorsqu'un écosystème est très envahi, il est préférable de ne pas éliminer brutalement l'espèce, mais graduellement de manière à minimiser les impacts sur l'écosystème.

Ces données montrent que la prévention des invasions à travers le maintien d'une couverture végétale indigène durable, demeure plus avantageuse et souhaitable que la lutte contre leurs impacts à court, moyen et long terme. Pour relever ce défi, il faut d'une part, l'amélioration de la gouvernance, des cadres juridiques et institutionnels, la prise en compte du social et de l'environnement. D'autre part, il faut la participation effective des populations autochtones et locales et la valorisation de leurs connaissances, pratiques et espèces indigènes. En plus de ces aspects, les institutions nationales et d'aide au développement devraient tenir compte des impacts de la mondialisation sur l'économie, l'environnement et la survie des populations des pays en développement à travers la rectification des politiques actuelles de développement dominées par le marché et la concurrence.

7.3 Problématique de la cogestion des bassins et de forêts avec les populations

En accord avec les données des enquêtes, la gestion multisectorielle des ressources hydriques et forestières est caractérisée par de nombreux textes législatifs et d'institutions qui marginalisent l'environnement, la législation et les structures traditionnelles et contribue peu à leur protection. Par ailleurs, les projets sont peu fondés sur une approche globale de planification participative et sur une stratégie de responsabilisation des parties prenantes en particulier des populations autochtones et locales marginalisées et privées de leurs droits sur les terres ancestrales. Abordant cette question de participation au niveau des huit pays qui partagent le bassin du massif du Foutah Djallon, le FEM et PNUE (2005) soutiennent que la

participation des acteurs aux activités de renforcement des capacités semble être un « slogan » utilisé partout, mais rarement appliqué dans la réalité. Les réformes imposées aux États africains par la Banque Mondiale et le Fond Monétaire International auraient également accéléré l'exploitation incontrôlée des ressources naturelles et le soutien de la dictature. Cette pensée partagée par les participants aux enquêtes serait une des causes de leurs mauvaises perceptions vis-à-vis de ces institutions.

Il apparaît ainsi que seule la prise en compte des préoccupations des populations, de leurs besoins et responsabilisation lors de l'élaboration des projets de développement dans leurs localités, pourrait aider à surmonter les obstacles et les grèves qui secouent les régions. Ces données témoignent en partie les impacts de la mondialisation économique dans les pays en développement. En effet, ils demeurent une des principales causes des changements climatiques actuels qui menacent le village planétaire. Ceci se matérialise à travers la relation État-marché dans la gestion des ressources naturelles qui affecte le social et l'environnement. L'exploitation peu contrôlée des ressources minières et forestières par les multinationales et la substitution des forêts tropicales par des mono forêts exotiques et de l'agriculture de subsistance par les cultures de rente des OGM, constituent quelques exemples dans ce domaine. Pour contribuer au développement des pays africains au sud du Sahara et particulièrement en Guinée, Sanogo *et al.* (2005) proposent ainsi trois défis à relever. Le premier est de trouver une forme de gouvernance plus démocratique qui intègre les préoccupations sociales et environnementales dans les programmes de développement. Le deuxième va au-delà de la gouvernance. Il s'agit de contrer les impacts de la coopération internationale, qui jusque là est trop axée sur l'économie de marché. Le troisième consiste à apaiser les crises engendrées par la mondialisation économique. Pour cela, ils proposent aux acteurs de se départir des modèles de gouvernance et de développement qui laissent peu de place aux populations et à leurs réalités socioculturelles et de s'engager dans un système de développement qui répond aux besoins économiques et aux préoccupations sociales et environnementales.

Ces aspects ont été soulignés par les participants aux enquêtes qui ont précisé que « ...Le concept de lutte contre la pauvreté en Afrique, devrait être substitué par celui de lutte contre l'appauvrissement de l'Afrique et le soutien des dictatures ». C'est pourquoi, même si les organisations internationales (Fond Monétaire International, Banque Mondiale, Programme des Nations Unies pour le Développement, etc.), ont dû reconsidérer leurs politiques devant l'urgence pour parler de lutte contre la pauvreté en Afrique plutôt que de développement; Fall *et al.* (2004, in Sanogo *et al.*, 2005) soutiennent que les problèmes à la base des crises ne reçoivent pour autant pas le traitement souhaité : mise en place de cadres juridiques, institutionnels et des politiques appropriés, prise en compte des aspects socioculturels et de la détérioration des termes de l'échange entre le Nord et le Sud. Pour sortir de la situation, Assogba (2003) rappelle aux pays africains, que l'histoire des sociétés humaines enseigne que l'économie est comme une maison à trois étages : le rez-de-chaussée, le premier étage, et le deuxième étage. Le processus historique de développement des sociétés serait une dialectique de construction de ces trois étages. Le rez-de-chaussée correspond à l'économie de subsistance. Il connaît actuellement en Afrique une régulation insuffisante qui l'empêche de se développer. Les populations n'y ont pas de droits politiques et se battent plutôt pour la survie. Le premier étage renvoie à l'économie de marché local et se distingue par le caractère régulé des échanges et la reconnaissance des droits civiques au niveau local. Quant au deuxième étage, il correspond à l'économie de marché fondée sur le libéralisme et la recherche des capitaux, dont les conséquences occasionnent des crises socioéconomiques et environnementales dans les pays n'ayant pas encore réalisé le deuxième étage.

Par son caractère régulé et sa reconnaissance des droits civiques au niveau local, l'étage central pourrait ainsi être un rempart efficace contre la dictature de la mondialisation des marchés, la mauvaise gouvernance et l'autoritarisme politique qui caractérisent souvent les pays africains. Dans cette perspective, Fall *et al.* (2004) et Sanogo *et al.* (2005) recommandent à ces pays le développement de l'économie de subsistance et s'opposent au développement axé sur le marché et la croissance. Ils prônent un développement qui organise les ressources humaines, matérielles et financières locales pour répondre aux préoccupations environnementales et sociales. La mobilisation des acteurs locaux qui souhaitent se

réapproprier leurs terroirs dans le but d'assurer leur conservation en réaction à leur surexploitation pourrait aider à atteindre de tel objectif. En remplaçant partiellement le « lobbying » par des procédures « participatives » plus transparentes et plus ouvertes, la mise en place de tels organismes devrait permettre d'accroître l'influence des citoyens et des groupes d'intérêt sur les décisions relatives à l'environnement (Gauthier, 1998). Ceci exige toutefois la participation de tous les acteurs et une remise en question aussi bien chez les usagers et les gestionnaires, que du côté des institutions nationales et d'aide au développement. La capacité de celles-ci à laisser place aux initiatives locales, à discuter avec ces nouveaux acteurs et à échanger leurs expériences en matière de conservation des ressources naturelles, pourrait entraîner l'apparition d'un nouveau modèle en matière de planification et de gestion intégrée des écosystèmes hydriques au niveau bassin versant. Pour cela, il faut des cadres juridiques et institutionnels et des politiques concertées qui tiennent compte de l'environnement, des capacités des acteurs et des diversités biologique et culturelle.

7.4 Nécessité de la mise en synergie des cadres juridiques et institutionnels modernes et traditionnels pour assurer le succès de la cogestion des ressources hydriques et forestières et la résolution des conflits.

L'application de politiques héritées de la colonisation ou calquées des législations modernes en Afrique s'est longtemps traduite par la dévalorisation des connaissances et pratiques de conservation indigène des ressources naturelles. Cette rupture avec les traditions, la prédominance de l'aspect technique et économique et le peu de moyens matériels et humains dont disposent l'État pour appliquer ses politiques ont conduit à l'échec de la plupart des projets de développement. Actuellement, bien qu'il y ait eu un certain nombre de révision des textes légaux, des directives de politiques et de déclarations pour la mise en œuvre de la cogestion des bassins et des forêts, les termes, les conditions et les procédures à appliquer sont peu claires et les populations peu associées. Or, selon les données des enquêtes, les relations entre État, marché et populations pour une cogestion durable des ressources supposeraient que les programmes soient soumis à des études participatives et

pluridisciplinaires, que les outils et les processus de discussion avec les populations soient précisément et objectivement établis et bien rodés, que les rôles respectifs de chaque groupe d'acteurs soient clarifiés et respectés, que les zones sous contrôle autochtone soient définies et garanties et que les sites sacrés soient répertoriés et protégés. Avec la déperdition écologique et les impacts des projets miniers, forestiers et agricoles, la reconnaissance du partage de responsabilité entre institutions modernes et traditionnelles ne devrait plus être un simple slogan en Afrique. La cogestion doit se refléter dans les cadres juridiques et institutionnels et se matérialiser par la responsabilisation des populations autochtones et locales et la reconnaissance de leurs droits à leurs terres et au respect de leurs racines. Elle est signe de transparence, de démocratie participative et un moyen de résolution des conflits.

Les cadres juridiques et institutionnels modernes et traditionnels devraient dans ce contexte, être mis en parallèle pour mieux exploiter leurs avantages et complémentarité dans la conservation. Qu'ils soient modernes ou traditionnels aucun d'eux ne peut en effet prétendre venir à bout des problèmes environnementaux auxquels le monde est confronté. En zones rurales, l'expérience et les enquêtes ont montré qu'à cause des croyances, de la sacralité des interdits et des conséquences parfois mortelles que peut engendrer la violation des écosystèmes encore sous contrôle autochtones, la législation traditionnelle est encore plus respectée que dans les écosystèmes régis par les lois modernes imposées et qui sont devenus un bien inépuisable à exploiter par tous sans la responsabilisation de personne. Les forêts et mares sacrées qui bordent les villes et villages et qui conservent encore leur caractère originel en témoignent. En dépit des pressions sur les autochtones et sur leurs terres et de la croissance démographique, la réglementation coutumière permet encore à ces écosystèmes sacrés de rendre d'innombrables services à toutes les communautés : alimentation, bois d'énergie, médecine, pêche, fourrage, eau, formation et rites. Cependant, leur cogestion avec les structures étatiques a conduit à l'épuisement de leur biodiversité, à la détérioration des sites et à l'affaiblissement des structures traditionnelles. Or, leur protection aurait contribué au développement du tourisme et à la conservation des diversités biologique et culturelle.

En outre, dans le cas du Foutah Djallon, le constat sur le terrain a montré que la cueillette du néré (*Parkia biglobosa*) utilisée en agroforesterie par les populations pour améliorer la fertilité des sols et leur alimentation et santé, est encore réglementée et respectée. Le mois et la date de début de cueillette fixés par l'autorité coutumière sont connus et respectés par toutes les communautés. En restituant aux structures traditionnelles leurs droits de conserver les ressources de leurs terroirs et en encourageant à travers des cadres juridiques adaptés l'utilisation de telles espèces en foresterie et au niveau des bassins et des têtes de source de leurs terroirs, le rôle de l'État dans la conservation serait beaucoup limité. L'antagonisme et la confusion qui ont caractérisé les deux types de législation moderne et traditionnelle, ont ainsi contribué à la désintégration des structures d'interface dans les projets et à la dégradation des conditions de vie des populations et de leur environnement. Leur harmonisation sur la base du respect de la différence, de la complémentarité, du partage des bénéfices et des expériences constitue un des facteurs de succès de la cogestion. Celle-ci exige en effet, une vision d'ensemble incorporant des connaissances, des pratiques et des structures tant traditionnelles que modernes. Les législateurs et les administrateurs devraient ainsi s'affranchir de l'application souvent aveugle des législations modernes ou coloniales à caractère souvent restrictif et répressif pour interroger la psychologie, les préoccupations et les capacités des destinataires des politiques et se pencher sur leurs expériences et législations qui favorisent la conservation et la justice sociale.

La décentralisation à envisager dans cette direction doit permettre l'administration d'encourager des projets communautaires et de mettre en place un cadre de concertation entre les parties prenantes pour libérer les énergies et initiatives locales à travers des mécanismes de reconnaissance, de soutien aux populations démunies, de responsabilisation des parties prenantes, de financement et de résolution des conflits. Dans ce dernier cas, pour atténuer les impacts des conflits actuels sur les ressources, le recours à l'arbre à palabre et aux alliances de sang, de lait, de mariage et à plaisanterie des structures traditionnelles pourraient jouer un rôle déterminant. Ces pratiques sont encore vivantes au niveau de toutes les couches sociales et gardent les mêmes caractéristiques partout en Afrique de l'Ouest. Pour les autochtones, le peu d'implication de leurs structures dans la résolution des conflits aurait accéléré la

déperdition écologique et les conflits sociaux. Deux exemples matérialisent cette perception. Lors de plusieurs audiences, un magistrat guinéen appartenant aux familles des *maîtres de la parole* n'a pu résoudre un problème domanial vieux de vingt-trois ans entre deux familles qu'après avoir ôté sa robe de magistrat et utilisé les alliances de sang et à plaisanterie. En fustigeant et en rappelant la sacralité des pactes des ancêtres, l'un des protagonistes dont l'ancêtre donnait des terres aux pauvres a fondu en larme et la séance s'est terminée à la grande satisfaction de tous, spécialement du magistrat qui s'était écarté du formalisme juridique que sa profession lui imposait.

En outre, après l'échec diplomatique des États africains et de la communauté internationale, une même scène s'était produite en 1975, lorsque les présidents Sangoulé Lamizana du Burkina Faso et Moussa Traoré du Mali furent invités par Sékou Touré de Guinée pour éteindre la guerre fratricide qui opposait leur État. L'artiste Sory Kandia Kouyaté, un des éminents *maîtres de la parole* de l'Afrique de l'Ouest, fut alors le principal réconciliateur. Avec sa Kora (instrument sacré) et sa connaissance de l'histoire africaine et des pactes d'alliance de sang des ancêtres, il a pu en improvisant une simple chanson sacrée qui rappelait le lien historique entre les deux peuples et la sacralité des pactes de leurs ancêtres, pousser spontanément devant une foule d'invités stupéfaits, les deux ennemis à verser des larmes, à s'embrasser et à enterrer définitivement la hache de guerre qui les opposait. À rappeler que les *maîtres de la parole* (les griots, et les gnamakala) ont de tout temps joué un rôle déterminant dans la résolution des conflits en Afrique de l'Ouest. Ils ont été conseillers des rois et des chefs, les témoins des contrats sociaux, les sanankus du peuple et les bibliothèques de l'histoire orale. Ils participent à toutes les cérémonies pour livrer aux nouvelles générations leurs connaissances sur l'histoire et les contrats sociaux élaborés par les ancêtres. Comme l'a souligné Broohm (2004), les mécanismes de résolution des conflits renvoient selon les sociétés considérées, à des trames complexes qui mettent en jeu des croyances et des traditions particulières, une éthique sociale caractéristique, une philosophie de l'Homme et de la société. L'approche des sociétés traditionnelles africaines révèle avec force, l'existence d'une authentique culture de paix incarnée par des institutions singulières peu connues de certains natifs et étrangers qui les révoquent souvent avec les créateurs du

modernisme vers les musées de l'obscurantisme. La confrontation critique et continue de cet héritage du passé et de ce qui est admis comme moderne est pourtant un chemin obligé pour une Afrique qui veut se construire un avenir sans illusion ni contrainte (Broohm, 2004).

Sur le terrain, cette culture qui a assuré la cohésion sociale au niveau des grands empires de l'Afrique de l'Ouest est encore vivante dans cette partie du continent et constitue un instrument efficace de résolution et de prévention des conflits qui menacent la stabilité des États et la conservation des ressources naturelles. Ces pratiques et institutions devraient être une source d'inspiration pour les juristes, les dirigeants et les chercheurs en particulier des sciences sociales pour leur valorisation. Par ailleurs, pour assurer le succès de la cogestion conformément aux vœux de l'État et de ses partenaires de développement, la signature d'un protocole d'accord qui définit les droits et devoirs de chaque partie prenante et les modalités de partage des responsabilités et des bénéfices, qui légitime les organisations et l'ensemble des règles adoptées par les parties prenantes et qui officialise la passation des responsabilités au niveau des acteurs doit être une priorité. C'est la seule façon pour rétablir la confiance avec les institutions tant nationales que d'aide au développement. Ceci est important même si l'État doit conserver ses prérogatives de suivi ou d'appui aux communautés démunies et aux femmes gestionnaires des points d'eau, du maraîchage et de la cueillette. La problématique environnementale étant un défi planétaire, elle exige sur le plan juridique plus de responsabilité pour la participation et la responsabilisation de tous les citoyens à l'œuvre commune de conservation. Le nouveau contexte juridique devrait également se pencher sur l'étude et l'évaluation des impacts environnementaux des grands projets. Actuellement, ce domaine qui devait être assumé par l'État, est confié aux sociétés d'exploitation qui se préoccupent généralement peu de l'environnement comme l'ont corroboré les données des enquêtes. Un des exemples est donné par les impacts des espèces exotiques et des drainages miniers et agricoles sans traitement sur la santé humaine et des écosystèmes.

Quant à la restauration par les multinationales des sites miniers déjà exploités, elle reste aussi très mitigée à cause du peu de suivi par l'État. La législation devrait accorder une importance à ces aspects et protéger les sites sacrés et l'environnement en adoptant des

règles, des procédures, des critères et des normes d'organisation, de protection et de prévention. Considérant par exemple l'importance socioculturelle et environnementale de sites sacrés, ils devraient être protégés par une loi, de même que les pratiques qui s'y déroulent : rites, formation des confréries traditionnelles, échanges d'expériences entre savants locaux, développement des techniques de sacralisation des écosystèmes, etc. Des recherches pluridisciplinaires et des expertises en sciences humaines et sociales seraient d'une grande utilité dans cette direction pour cerner l'environnement physique et socioculturel dans lequel évoluent les projets. Les données de telles recherches peuvent permettre aux législateurs et aux autorités de s'enrichir des réalités et des représentations socioculturelles avant de proposer des lois ou des normes d'organisation. En légitimant et en réhabilitant ces écoles ancestrales, les savants locaux pourraient parallèlement aux écoles et structures modernes, jouer un rôle de premier plan dans les activités de conservation et d'éducation relative à l'environnement des nouvelles générations pour la sauvegarde de leurs riches patrimoines culturel et naturel en voie de disparition.

Concernant la gestion multisectorielle des ressources naturelles, celle-ci devrait être revue pour réduire la lourdeur administrative, favoriser la synergie et la décentralisation, améliorer les politiques de production des semences forestières et agricoles et lutter contre les invasions biologiques et la corruption signalée par les acteurs. Sans application rigoureuse des lois et une bonne gouvernance, aucun progrès ne peut être atteint. En outre, le renforcement des capacités des acteurs ne devrait plus être fondé uniquement sur l'aspect technique et économique. Il doit faire d'eux des éducateurs et des conseillers auprès des communautés et non des gendarmes pour restreindre leur accès aux ressources de leurs terroirs, ou des policiers qui verbalisent pour s'enrichir comme cela se fait actuellement avec les comités de forêt, les préfets, les militaires et autres agents de l'administration. Les réformes juridiques devraient aussi, dépasser les conceptions exogènes souvent inadaptées pour se tourner vers les référents sociaux, les racines et les diversités biologique et culturelle pour orienter les actions environnementales et de développement. Tout cela exige la participation du public et des études participatives et pluridisciplinaires dans lesquelles

sociologues, ethnologues, savants locaux et partenaires au développement ont un rôle déterminant à jouer pour asseoir les bases d'une cogestion durable des ressources du pays.

Selon WCFSD (1997), des études ont montré dans cette direction que les systèmes de protection des ressources communes peuvent dans certaines circonstances être des moyens efficaces de gestion. Pour cela, il faut une frontière claire entre les ressources et les utilisateurs, des règlements d'exploitation locale appropriés, la possibilité de changer collectivement une mesure, des accords de contrôle valables, un code de sanctions progressives, et des mécanismes efficaces de résolution des conflits. La responsabilité de l'État dans la conservation serait ainsi limitée au traçage et au contrôle des limites externes, via un système de participation, tandis que le contrôle et la gestion interne se feraient au niveau local fondamentalement à travers des structures traditionnelles reconnues et soutenues tant par l'État que par les scientifiques et les ONG. Prenant l'exemple de la Tanzanie où le système légal d'occupation des sols a permis aux communautés de jouer un tel rôle, WCFSD (1997) note en plus, que deux villages de ce pays avaient apparemment entrepris de prendre sur eux, la responsabilité d'une aire plantée d'arbrisseaux d'une étendue de quelques 100 km². Étant donné qu'il n'existait aucune alternative de protection du côté des instances gouvernementales, cet accord fut considéré comme un exemple de développement positif.

Tirant les leçons sur la cogestion des ressources naturelles en Afrique, Gami (2003) donne en outre, trois autres exemples réussis :

- le programme CAMPFIRE (Communal Areas Management Program For Indigenous Ressources) au Zimbabwe, mis en place grâce à la loi de 1975 et son amendement en 1982 qui ont autorisé les villageois à gérer leurs ressources naturelles. Ce programme a permis aux communautés de créer et de gérer des réserves à vocation touristique : parcs naturels de Mavuradona, de Sunungukai, etc. Ainsi, le nombre de districts générant des revenus grâce au tourisme est passé de un en 1989 à vingt trois en 1993 (Courouble, 1999);
- au Cameroun où grâce à l'évolution de la législation, les populations des villages de Koungoulou et de Karagoua ont demandé et obtenu la création d'une forêt communautaire

qui a servi au développement du tourisme de vision des gorilles dans leur milieu naturel (ODI, 2001),

- au Mont Cameroun où deux autres initiatives de gestion participative venant de la GTZ et du Ministère de l'Environnement et des Forêts ont permis la formation d'une association de gestion de la faune de Mokoko et la création d'une réserve. Dans cette même partie du pays, une autre association regroupant une quinzaine de villages a été créée pour coordonner les activités de gestion du *Prunus africanus* (*Rosaceae*) dans la réserve. Les écorces de cet arbre servent à préparer un médicament pour la prostate et font l'objet d'un grand commerce international. L'exploitation de la ressource est soutenue par le projet GTZ du Mont Cameroun et le Ministère de l'Environnement et des Forêts.

Ces exemples montrent que l'amélioration des cadres juridiques et institutionnels pour une participation effective des populations autochtones et locales dans les projets de développement est nécessaire pour assurer le succès de la cogestion, la libération des initiatives locales d'autodéveloppement et de lutte contre les invasions biologiques à travers la valorisation des espèces indigènes. Pour cela, les mesures politiques, législatives et administratives devraient se concentrer davantage sur la protection et la restauration écologique fondée sur la délégation des responsabilités aux communautés afin de gérer efficacement les activités illégales dans leurs terroirs et faire participer tous les protagonistes dans la cogestion et la surveillance des feux de brousses et de la chasse commerciale dans certains sites. À cet égard, leurs connaissances et pratiques de conservation devraient être acceptées et reconnues légalement comme ayant le même statut que toute autre forme de connaissances et de pratiques qui favorisent la conservation et la cohésion sociale. Les activités de cogestion ne pourront aboutir à des résultats durables que lorsque les attentes, les besoins, les cultures et les préoccupations des acteurs sont pris en compte dans les schémas et procédures d'aménagement. Pour œuvrer dans cette direction, la création d'un ministère de l'environnement en Guinée pour cerner, coordonner, étudier et évaluer les impacts environnementaux des projets devait être une des priorités.

7.5 Intégration des connaissances et espèces indigènes pour l'amélioration de la ressource en eau et de sa qualité et la lutte contre les invasions biologiques et les maladies liées à l'eau.

Des résultats de la présente étude, il se dégage que les sites sacrés et la biodiversité dont recèlent les écosystèmes hydriques et forestiers participent largement à la satisfaction des besoins alimentaires, énergétiques, médicinaux et culturels des communautés et contribuent pour une part importante aux économies locales. Si pour les promoteurs des projets, les espèces indigènes sont moins productives par rapport aux espèces exotiques, pour les populations autochtones et locales les espèces indigènes et la biodiversité des forêts tropicales restent irremplaçables tant du point de vue alimentation, santé, fourrage, artisanat et spiritualité que de la conservation de leurs cultures. La nécessité de satisfaire ces besoins, de disposer des écosystèmes de leurs terroirs et de renouer avec la tradition de formation de leurs confréries, les prédispose à la mise en œuvre d'une cogestion des ressources de leurs terroirs dans le respect de leurs droits, besoins et racines. Leur participation et la valorisation des espèces, connaissances et pratiques indigènes auraient permis aux promoteurs des projets, de relier quatre des principaux indicateurs de la pauvreté : l'environnement, la santé, l'eau et le développement. Les données recueillies sur la biodiversité et les pressions donnent, par exemple, une large vision sur les menaces qui pèsent sur les zones humides du pays et les impacts des activités humaines dans les principaux bassins versants. Dans ce dernier cas par exemple, la mort des poissons signalée par les orpailleurs dans les cours d'eau des sites aurifères du bassin de Tinkisso, a été confirmée par le sous préfet de Kintinian Mamadou Keita. Selon ce dernier : « *Des poissons et des animaux domestiques ont été effectivement retrouvés morts. Ce qu'on observe à la Société Ashanti Goldfields (SAG), à partir de l'usine où on traite le minerai, où on fait la mixture entre le minerai et le cyanure pour sortir l'or, il y a une grosse conduite bien fortifiée qui conduit les déchets cyanurés sur une distance d'environ 5 km. Ces déchets sont déversés dans une cuvette naturelle. Ils sont mis ici au contact du soleil. Selon les explications des représentants de la société, dès que le cyanure est au contact du soleil, il s'évapore. Ces effets sont ainsi automatiquement annihilés* ». Ceci

atteste le peu d'intérêt accordé aux études et aux évaluations des impacts environnementaux des projets pour une prise de mesures d'atténuation.

La réduction des impacts sur la santé humaine et des écosystèmes ne pourraient être effective que si les diversités de situations écologiques, socioéconomiques et culturelles et des interactions entre parties prenantes et éléments naturels sont prises en compte dans le processus de cogestion. Tenant compte des faibles moyens dont dispose l'État pour assurer la surveillance et la conservation des bassins et des forêts, ceci amène la nécessité de la réhabilitation des confréries et de leurs couvents initiatiques. Actuellement, même si leurs connaissances et méthodes de conservation développent encore des attitudes de méfiance de la part des scientifiques, il est essentiel de découvrir la richesse de la diversité des modes de connaissances et de pratiques de conservation à travers le dialogue des cultures et la recherche pluridisciplinaire. Un tel changement de paradigme permet non seulement de se découvrir et de se remettre en question pour se dépasser, mais aussi d'apporter des solutions alternatives aux problèmes posés par la mondialisation, l'uniformisme, la déperdition écologique et culturelle et les changements climatiques. Cette mise en synergie des connaissances modernes et traditionnelles est source d'émergence de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances tant modernes que traditionnelles.

Dans le domaine de la médecine traditionnelle par exemple, les données de la littérature indigène montrent que derrière les noms vernaculaires des plantes, se cache tout un savoir millénaire à la fois empirique et pratique qui s'enracine à l'échelle ethnique, locale et régionale et qui permet de déceler certaines caractéristiques de la flore, qu'elles soient d'ordre morphologique, écologique, en rapport avec les utilisations ou les croyances. La confrontation des noms des plantes dans les différentes langues nationales constitue à cet égard une source importante d'informations sur la biodiversité, les usages, les pressions, les cultures locales et le choix des plantes pour leur utilisation dans les projets et programmes de recherche de nouveaux produits pharmaceutiques, alimentaires et en traitement des eaux et des maladies tropicales. Les données sur les argiles et les 126 plantes médicinales recensées auprès des 26 guérisseurs montrent qu'en plus de satisfaire leurs besoins en santé et

alimentation humaines et animales, elles permettent de décontaminer les points d'eau et de traiter les eaux et les maladies générées par les projets de développement. Quant aux espèces sacrées, elles rentrent dans le traitement des maladies mentales, la fabrication d'objets de culte et de sanctuaires pour la sacralisation des écosystèmes hydriques et forestiers. Ceci témoigne l'importance des connaissances et espèces indigènes pour les populations par rapport aux espèces exotiques et la nécessité de changement de paradigme pour conserver et valoriser cette biodiversité et ces connaissances.

Concernant les données obtenues auprès des guérisseurs sur ces plantes, plusieurs études scientifiques ont confirmé leur validité. Parlant par exemple de l'influence de la conservation des parties des plantes médicinales, de l'âge et partie de la plante, du moment de récolte des plantes (matin, midi, soir, nuit) et de la zone géographique de prélèvement (Haute et Basse Guinée par exemple) sur les principes actifs, Inya-Agha *et al.* (1987) notent à cet effet, que l'*Eupatorium odoratum* L. qui contient des huiles volatiles, les perd au contact du soleil probablement par évaporation. Cependant, la concentration redevient maximale du coucher du soleil à minuit. Pour Bamba *et al.*, (1993), les feuilles de la même plante en Côte d'Ivoire produisent des huiles essentielles riches en geijérène et prégeijérène et exercent une activité antibactérienne en particulier contre les bactéries gram-négatives, alors que les feuilles de la plante cueillies au Nigeria ne contiennent aucun de ces deux terpènes et exercent une activité antibactérienne essentiellement contre des organismes gram-positifs. Quant à l'influence de l'âge de la plante sur les principes actifs, il est connu par exemple que *Ocimum gratissimum* L. produit plus d'huile volatile par unité de poids de feuille quand la plante est jeune (El-Said *et al.*, 1969). En outre, selon Okunzua (1973), certaines plantes peuvent émettre des radiations caractéristiques qui peuvent être détectées à l'aide de microscopes et de générateurs de haute tension. Comme chaque espèce de plante a son propre motif énergétique, Okunzua (1973) soutient qu'il est possible qu'un herboriste autochtone expérimenté et clairvoyant puisse analyser le motif énergétique d'une plante et dire si sa cueillette pour un usage médical à une heure particulière du jour ou de la nuit est utile ou non. Cet aspect serait aussi comparable aux méthodes des voyants locaux qui prédisent les maladies en visualisant le nuage d'énergie qui entoure les personnes.

Cette différence d'énergie pourrait aussi expliquer la classification des plantes par les guérisseurs en mystiques et non mystiques. En conséquence, que ces savoirs de guérir les malades, de protéger la biodiversité et les écosystèmes hydriques et forestiers par sacralisation ou de punir les irrévérencieux par les techniques d'envoûtement fassent partie des représentations naturelles fondées sur la méthode des essais et des erreurs ou surnaturelles, ils ne sont pas dissociables des contextes historiquement construits dans lesquels ils ont été élaborés et mis en pratique par les savants locaux de l'Afrique de l'Ouest et encore moins des enjeux socioculturels qui s'y nouent et des mémoires ancestraux qui s'y rattachent. Ceci amène la nécessité du dialogue entre scientifiques et savants locaux et de changement de paradigme pour protéger, valoriser et intégrer ces croyances, connaissances, pratiques et espèces indigènes dans les projets et programmes de soins de santé, de recherche biomédicale, de production d'aliments, de coagulants, d'adsorbants et de désinfectants naturels, comme indiqué à la figure 7.1.

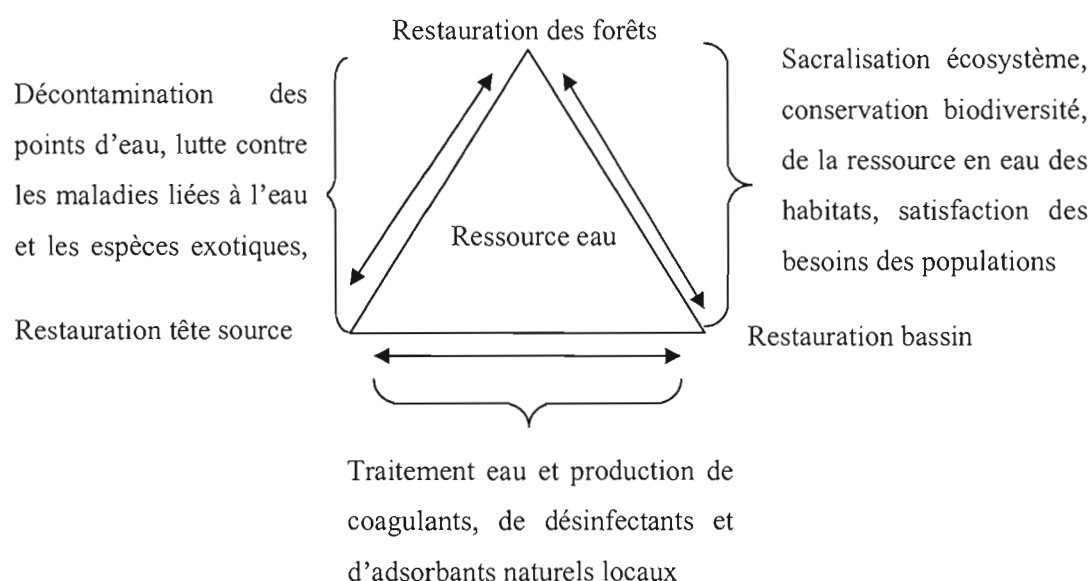


Figure 7.1 Intégration des connaissances, pratiques et espèces indigènes dans l'amélioration de la ressource en eau et de sa qualité.

Concernant par exemple les maladies identifiées dans le site Ramsar de Tinkisso, il apparaît que leur prolifération est favorisée par le peu de prise en compte par les promoteurs

des projets de la relation qui existe entre santé humaine et santé environnementale et de l'importance de certaines pratiques traditionnelles dans le maintien des équilibres naturels. Dans le domaine des aménagements des bassins versants par exemple, il est connu que des technologies locales peuvent être plus efficaces que les technologies les plus modernes. Dans le cas du paludisme qui tue plus d'un million de personnes par an en Afrique, Rajagopalan *et al.* (1991) précisent à cet égard, que l'irrigation intermittente a été non seulement une solution excellente de lutte en Indochine, en Chine et au Japon, mais présente aussi des avantages pour la production du riz (cycle de cinq jours irrigués et de deux à quatre jours à sec). De plus, Jaeger (1985) souligne que la fortune et l'expansion de l'empire Khmer dans le sud-est asiatique du IX^e au XIII^e siècle qui s'est appuyée sur la construction de digues de quelques mètres de haut étaient simplement dues au fait que le limon constituant les butées de terres des bassins de retenue modifiait la tension superficielle des eaux, empêchant ainsi le développement des larves de l'anophèle vecteur du paludisme.

Par ailleurs, Jaeger (1985) soutient que les simules d'une région inhabitée et indemne d'onchocercose peuvent s'infecter en se nourrissant du sang des travailleurs importés des régions où sévit la maladie en créant un nouveau foyer. Il a rappelé qu'un bilan annuel portant sur 3 000 travailleurs malgaches a permis une diminution de l'absentéisme de 50% et de l'hospitalisation de 75%. Ceci montre l'intérêt d'un dépistage pour éviter ce genre de risque en Guinée. Beaucoup de travaux de génie ou d'aménagement ne prennent pas en compte l'impact à court, moyen et long terme de leurs actions sur les grands équilibres naturels et les nombreux risques auxquels ils exposent les populations. Ces données devraient être source d'inspiration pour les autorités guinéennes et d'aide au développement dans la prise de mesures de prévention efficaces afin d'éviter de nouvelles expansions de ces maladies dans les autres régions du pays, où les activités minières, forestières et agricoles sont de plus en plus intenses. Les interventions sporadiques des institutions d'aide dans les sites Ramsar de Tinkisso, du Niger et de ses affluents pour éradiquer ces maladies ne seront efficaces que si ces données sont prises en compte et des dispositions sont mises en œuvre pour atténuer les impacts environnementaux des activités humaines dans les principaux bassins versants.

Dans le domaine du traitement des eaux, il apparaît que même s'il n'existe pas de tradition de traitement avec des produits naturels locaux, ces derniers existent et les données des enquêtes sur les connaissances des guérisseurs traditionnels montrent que ce traitement ne consiste pas seulement à l'application des procédés conventionnels de coagulation floculation, de décantation, de filtration, de désinfection, etc., mais doit aussi tenir compte de la décontamination des points à l'aide de produits naturels biodégradables et compatibles avec l'environnement. Les tests de coagulation floculation réalisés dans le cadre de cette étude avec les huit argiles locales et les graines des différentes plantes montrent qu'elles sont efficaces et économiques. Ceci constitue une nouvelle piste de recherche de coagulants, d'adsorbants et de désinfectants naturels. Cependant, la capacité de retention des nitrates et des métaux lourds par les argiles locales explique le danger que représente leur consommation abusive par les populations, leur utilisation dans le traitement des diarrhées des enfants et la préparation de décoctions à usages internes. En valorisant ces connaissances et les plantes identifiées, il est ainsi possible d'améliorer la ressource en eau et sa qualité au niveau bassin versant. Par ailleurs, la tradition de reboisement des bassins et des têtes de sources des populations autochtones constitue une autre solution efficace de lutte contre ces vecteurs de maladies. Il est connu que l'implantation de galerie forestière le long des cours d'eau en plus de lutter contre leur envasement et leur contamination par les nitrates et autres produits, permet leur éradication.

Dans le cas des bilharzioses, il a été constaté que le *B. pfeifferi*, mollusque hôte intermédiaire de *S. mansoni* ne vit que dans des endroits éclairés puisqu'il se nourrit essentiellement d'algues microscopiques qui ne poussent qu'à ces endroits (Loreau and Baluku, 1990). D'autres expériences ont montré que ce mollusque pouvait être éliminé en six semaines par l'implantation d'une couverture végétale artificielle dans le milieu (Baluku, 1987). En outre, comme dans le cas de la présente étude, Chifundera *et al.* (1993) et Bagalwa et Baluku (1999) ont trouvé dans la région de Kivu au Congo où sont largement répandues les bilharzioses, des plantes molluscicides dont : *Polyscia fulva*, *Maesa lanceolata*, *Syzygium cordatum*, *Solanum asyimbriifolium*, *Crinum zeylannicum*, *Phyllanthus nummularifolium*, *Asparagus racemosus*, *Chenopodium ugandae*, etc. Ces plantes ont été efficaces contre les

mollusques *B. pfeifferi*. Les substances molluscicides retrouvées sont les saponines, les alcaloïdes, les terpènes et les flavonoïdes. À l'état brut, ces substances agissent selon les auteurs à une dose létale LC 50 compris entre 0,01 et 0,05 mg/mL.

7.6 Intégration des connaissances traditionnelles dans la cogestion pour la fixation du bétail et la réduction de ses impacts sur les bassins versants et les forêts

En Guinée, les parcs traditionnels (wouro) avaient permis dans le passé de fixer le bétail, de réduire le vol, les conflits et ses impacts sur les ressources des bassins versants. Les fêtes aux argiles ou *touppès* (boues salées mélangées à des parties de plantes médicinales utilisées comme aliments) étaient fréquemment organisées par les éleveurs en brousse et dans des aires aménagées à cet effet. Elles servaient en même temps de lieu de rencontre et d'échange d'expériences entre éleveurs. Les effets bénéfiques de ces fêtes se matérialisaient par le déparasitage, la désintoxication, le traitement des plaies, la diminution de la mortalité et l'augmentation en poids et en lait du bétail. Concernant les informations relatives à l'utilisation d'argiles avec des parties de plantes médicinales dans la lutte contre l'infertilité et la naissance de plus de mâles que de femelles chez l'humain et l'animal, ce fondement pourrait être établi grâce à l'implication des chercheurs. Il est possible d'admettre comme hypothèse que l'ingestion d'argile avec des parties de plantes médicinales permet d'éviter des liaisons néfastes à l'assimilation de plusieurs protéines thérapeutiques contenues dans les plantes. En effet, l'application du mélange de la pâte des feuilles de *Cassia occidentalis* L avec du kaolin est jugée par les guérisseurs, être plus efficace que les effets individuels des produits contre les infections microbiennes et contre les maux de reins, tout comme le mélange des racines de *Rauvolfia vomitoria* avec du kaolin et du jus de citron dans le traitement des grattelles. Les effets synergiques des mélanges pourraient aussi expliquer de tels résultats. La dynamique des systèmes comportant des mélanges de plusieurs produits naturels dans le traitement des maladies est bien maîtrisée par les guérisseurs et les éleveurs à travers l'expérience millénaire transmise et améliorée dans les couvents initiatiques. Ces pratiques pourraient enrichir les techniques modernes dans l'isolement de molécules et la

fabrication de mélanges thérapeutiques efficaces pour lutter contre certaines maladies comme celles de la peau.

Par ailleurs, les multiples usages traditionnels des argiles répertoriés dans le cadre de cette étude sont en accord avec les données de la littérature. Il est connu par exemple, que les bentonites contribuent à la clarification de l'eau et à l'élimination des micro-organismes pathogènes (Olsen, 1987). Dans le domaine de l'alimentation animale, Duval (1993) rapporte que les kaolinites peuvent être utilisées avantageusement dans l'alimentation des volailles. L'ajout de 2 à 7% d'un certain type de montmorillonite faible en sodium et riche en calcium à une ration normale équilibrée des volailles, permet d'améliorer la senteur et le goût des œufs, de réduire la mortalité des poussins et d'augmenter leur taux de croissance. De plus, l'ajout dans la ration des volailles de bentonite ou d'autres types d'argile comme la kaolinite ou l'attapulgite est définitivement avantageux autant pour les pondeuses que pour les poulets de chair ou les dindons. Il en va de même pour les porcs, les caprins et les autres ruminants. D'autre part, Duval (1993) souligne que l'argile est employée en production animale biologique surtout du point de vue thérapeutique. Des cataplasmes externes sont faits pour soigner les inflammations et l'ajout à l'eau de boisson pour soulager un animal indisposé. Quant à Fenn et Leng (1990), ils soutiennent que l'ajout de 15 g/jour de bentonite à l'eau de boisson des brebis au pâturage permet d'augmenter la croissance de la laine de 17% en raison de l'élimination des populations de protozoaires par la bentonite. Il a été démontré que la bentonite est très efficace contre la diarrhée chez les veaux et certains produits pharmaceutiques utilisés pour soigner la diarrhée en contiennent (Mackenzie, 1991).

Rajcevic (1989 in Duval, 1993) a comparé sur une période de trois mois l'ajout de 300 g de bentonite dans deux rations différentes, l'une riche en fourrage et en ensilage et l'autre riche en concentrés. L'étude a révélé d'une part, que la production de lait était significativement supérieure dans les deux derniers mois pour les vaches nourries avec une ration riche en concentrés recevant de la bentonite et d'autre part, l'ajout de bentonite dans les deux types de ration n'a pas changé la composition du lait de façon significative, mais a eu un effet positif sur la persistance laitière. Dans le cas d'une alimentation pauvre en fourrage et

riche en concentré (ce qui habituellement déprime le pourcentage de gras dans le lait), l'ajout de bentonite permettrait d'accroître la concentration de gras dans le lait. Ces résultats sont en accord avec les données obtenues auprès des éleveurs traditionnels.

Quant aux usages et aux valeurs nutritives et médicinales des plantes identifiées, plusieurs ont été également confirmés par des données scientifiques. C'est le cas de *Moringa oleifera*. D'après Placide et Ouedraogo (2006), l'ONG Agir Autrement pour le Développement en Afrique (AGADA) a testé avec succès les produits du *Moringa* dans un projet de récupération nutritionnelle des enfants, des femmes enceintes et allaitantes en Casamance au Sénégal. Ils notent que les feuilles sont deux fois plus riches en protéine que le lait, trois fois plus riches en fer que l'épinard, quatre fois plus riches en vitamine A et en calcium que le lait, trois fois plus riches en potassium que la banane et sept fois plus riches en vitamines C que l'orange. De plus, les graines contiennent 40% d'huile. Pour Chaudhri (1996), Tahiliani et Anand (1999), la plante est utilisée contre l'hydropisie, les ulcères, les crises nerveuses, le rhumatisme et on reconnaît son efficacité dans la régulation de l'hormone thyroïdienne. Ceci justifie le nom de *mange et tais-toi* que lui attribuent les populations.

Concernant l'utilisation de la plante comme source de fourrage, elle provient de ses bonnes caractéristiques nutritionnelles et de son haut rendement de production en biomasse fraîche. Chaque plante est capable de produire 15 000 à 25 000 graines par an qui contiennent 42% d'huile et 60% de protéines (Foidl *et al.*, 1999; Reyes., 2006). Selon ces auteurs, une production à l'hectare est suffisante pour le complément nutritionnel de 30 vaches et un complément de 40% à 50% de la ration alimentaire contribue à l'augmentation en lait et en poids des vaches de 30% et de 22% respectivement. Pour Goodchild et McMeniman (1994) l'addition de 20-50% de plantes riches en protéine dans la diète animale de *Moringa oleifera* et de *Cratylia argentea*, contribue à un accroissement en poids de 10 à 45%. Par ailleurs, comme dans le cas des argiles, *Moringa* favorise l'élimination des parasites des ruminants. Pour ces raisons, Sarwatt *et al.* (2004) soutiennent que *Moringa oleifera* et *Cratylia argentea* améliorent la production du lait plus que *B. brizantha* et autres plantes. Les graines et les tourteaux produits sont utilisés pour le traitement des eaux à l'échelle familiale,

communautaire ou industrielle. Ces multiples usages en alimentation humaine et animale, en santé, en traitement des eaux, dans les rites, etc., font que les plantes et les argiles identifiées répondent parfaitement au défi du millénaire, de l'environnement et aux besoins des populations du site de Tinkisso. C'est le cas par exemple, de la rôneraie, du *Vitellaria paradoxa* ou karité et de *Parkia biglobosa* ou néré. Les études réalisées par Traoré *et al.* (2004) et Sina (2006) montrent que leur introduction en agroforesterie améliore considérablement la fertilité des sols et le bien être des populations (alimentation, médecine, fourrage, spiritualité, etc.). Ces résultats valident les usages traditionnels des argiles et des plantes identifiées. Leur utilisation et valorisation dans les projets de restauration des bassins et des forêts constituent ainsi une solution viable pour la fixation du bétail, le traitement des eaux et des maladies et la lutte contre les invasions biologiques en Afrique.

7.7 Intégration des connaissances et pratiques traditionnelles dans les projets pour la restauration et la sacralisation des écosystèmes hydriques et forestiers.

Pour les sociétés traditionnelles, ressources en eau et forêts constituent un tout indissociable. Dans le passé, après la sécheresse qui a secoué les États de la sous région, les populations autochtones et locales s'étaient investies volontairement dans des actions de reboisement des bassins et des têtes de source dans tout le pays. Encouragé par les résultats, le gouvernement de l'époque avait alors lancé en 1973 le mot d'ordre de deux hectares de reboisement des bassins versants par Pouvoir Révolutionnaire Local (PRL ou district), quartier, village et Collège d'Enseignement Rural (CER) sur toute l'étendue du territoire. Dans la même année, des brigades de jeunes furent constituées dans toutes les villes et tous les villages pour veiller sur les ressources, lutter contre les feux de brousse, la chasse commerciale et la déforestation. En 1976, dans le même cadre, le gouvernement en se référant aux pratiques coutumières qui consistent à planter des arbres à chaque évènement heureux ou malheureux (décès, naissances, anniversaires, mariages), avait promulgué *la loi Fria* qui invitait chaque citoyen à planter au moins trois arbres à chaque évènement. Ces interventions eurent un impact positif dans la restauration des bassins et des forêts.

Cependant, avec le libéralisme économique, elles furent abandonnées avec l'appropriation des terres et des sites sacrés des populations autochtones et locales.

Abordant les pressions qui pèsent sur les autochtones et leurs terres, Akré (2006) note par exemple que la dernière initiation en forêt sacrée des confréries Baga de la Basse Guinée a eu lieu en 1952 (période coloniale). Ces initiés seraient aujourd'hui les seuls à posséder les connaissances et pratiques autochtones complètes de conservation issues des couvents initiatiques. Actuellement, des contradictions existent entre ces initiés et les jeunes qui souhaitent réactiver sous forme d'activités culturelles ou de carnivals, les formes traditionnelles des masques et des danses disparues. N'étant pas initiés au culte, les aînés estiment toutefois, que ces éléments sacrés et secrets de la culture Baga ne devraient pas être exhibés au risque de perdre leur puissance et de causer des ennuis au non initiés, ou alors sous leur stricte autorité. La plupart de ces masques seraient utilisés pour invoquer les dieux et les forces de la nature afin d'affirmer leur pouvoir. Seules les personnes âgées chargées de faire le lien entre les humains, les Esprits, les morts et les vivants devraient les utiliser dans les sites sacrés pendant des cérémonies très spécifiques.

Pour les membres des sites sacrés, la survivance de leurs écosystèmes et le danger que représentent ces éléments culturels pour les non initiés proviendraient du transfert de l'énergie vitale sur ces objets de culte par les savants locaux au niveau de leurs autels. Ce transfert nécessiterait des sacrifices de sang et des rites. Sur le terrain, il apparaît que pour montrer leur puissance et discipliner leur communauté, les initiés au culte utilisent souvent ces objets (gri-gri, bague, statuette, cornes, masques, etc.) pour punir les irrévérencieux même pendant les grandes cérémonies religieuses (baptême, circoncision, funérailles, fêtes, etc.). Pour libérer les victimes souvent évanouies, ces initiés prononcent alors secrètement un discours de libération dans un langage culturel très spécifique pour désamorcer le dispositif d'envoûtement pouvant conduire à la mort. Griaule (1963) qui a étudié la culture et les *Masques Dogons* du Mali, note à cet effet, que cette énergie transférée aux objets est une énergie en instance, impersonnelle, inconsciente (force mécanique agissant dans le monde spirituel) répartie dans tous les hommes, animaux, végétaux, dans les êtres surnaturels, dans

la nature et qui tend à faire persévérer dans son être (défendre) le support auquel elle est affectée temporairement (être mortel) ou éternellement (être immortel) (Griaule, 1963). Il soutient que le *Nyama* augmente avec l'âge et un geste rituel effectué par une personne a une efficacité d'autant plus grande qu'elle est plus âgée.

Ces données expliquent l'importance et la position sociale des personnes âgées dans les sociétés traditionnelles africaines où, « les ancêtres réels ou mythiques sont à l'égal du totem, garants de l'ordre social et font l'objet de rites propitiatoires comme chez les Dogons au Mali » (Wunenburger, 1981). À la mort, l'âme projette son *Nyama* dans le corps d'un nouveau-né pour en faire son *nani* (répondant). Cette force agit par la suite vis à vis de l'enfant comme un témoin pouvant sanctionner les manquements à ses devoirs (Dieterlen, 1941). Ceci constitue pour ces sociétés, une source de modération envers les sites sacrés, les ancêtres fondateurs, la nature et ses composantes en tant que dons divins à protéger. Cette conception du monde oblige ainsi chaque génération à transmettre les sites de leurs ancêtres avec des valeurs ajoutées aux futures générations comme dans le cas des mares sacrées du site Ramsar de Tinkisso. Selon leurs perceptions, pour se défendre contre la force d'un Esprit, contre celle de l'arbre, du plan d'eau, de la forêt qui l'abrite ou de l'animal qui la supporte, il faut des sacrifices spéciaux. « Le sacrifice a pour effet d'établir un dialogue avec les entités invisibles telles que les génies [...]. Le *nyaman* apparaît comme une entité normative qui sanctionne toute transgression à l'ordre social indissolublement lié à l'ordre naturel » (Olivier et Barriere, 1997). Pour ces auteurs, un lien profond existerait entre l'énergie vitale caractérisant le vivant et l'énergie cosmique dont chaque être participe.

Le fait d'égorger intentionnellement un animal dont le sang, siège de *Nyama* inonde un autel, confère à ce dernier la puissance de la victime libérée par la mort et vivifie la force déjà existante. Il en résulte que son potentiel est porté au maximum et qu'il est ainsi placé dans les meilleures conditions pour réagir. Cette action est généralement obtenue à l'aide d'un objet auquel on confère une partie de la force en le plaçant sur l'autel au moment du sacrifice. Ainsi consacré, il agira dans le sens demandé, au lieu choisi et à l'égard des êtres visés tout comme pourrait le faire l'autel s'il était placé dans les mêmes conditions (Griaule, 1963). De

plus, l'auteur soutient que l'absence prolongée de sacrifice diminue progressivement la réserve d'énergie vitale constituée auparavant sur les objets de culte. Celle-ci, au moment de s'éteindre définitivement, aurait une sorte de sursaut suprême qui peut entraîner la mort de celui qui l'a négligée. Ces données expliquent l'attachement des sociétés traditionnelles et de leurs savants locaux à leurs sites et rites, aux rencontres pour l'échange de leurs expériences dans les forêts secrètes et à la formation des confréries pour assurer la conservation des écosystèmes sous leur contrôle. Les autels accumulateurs de force sont ainsi destinés à la protection des lieux sacrés (forêts, galeries, mares, etc.). Certains sont utilisés par les différentes confréries, d'autres sont relatifs aux objets de culte (masques, statuettes, bague, grigris, etc.) et aux divinités des sanctuaires placées dans les sites sacrés. Leur violation par un membre, peut entraîner des sanctions sociales allant de la marginalisation, au bannissement qui peut inclure en cas de persistance, l'invocation de Dieu et des ancêtres dans les forêts fétiches (sorte de ministère de la défense) pour une punition ultime pouvant conduire « à l'envoûtement et même à la mort » (Houngnihin, 2005). Ainsi, tenir compte des facteurs sociaux dans les écosystèmes, appelle non seulement à des théorisations interdisciplinaires, mais aussi, à des exercices de cogestion entre les scientifiques et les usagers des ressources naturelles (Barthélemy, 2005).

De ce qui précède, il est possible d'admettre que les âmes des animaux sacrifiés exercent un contrôle sur leurs *Nyama* accumulés dans les autels. À ce sujet Griaule (1963) note que les Dogons n'ont pas été explicites. Pour expliquer la différence entre l'âme (*kikinu say* en mandingue) et le *Nyama* (énergie vitale), son informateur aurait déclaré que l'âme était comme l'enveloppe de laalebasse et les *Nyama*, ses graines. Ce système serait capable dans des conditions spécifiques, de réagir et de libérer de grandes quantités d'énergies utilisables dans plusieurs domaines. L'UNESCO souligne à cet effet, que : « Chez les Lobi du Burkina Faso, les maisons s'éparpillent autour du *dithil* (un autel de terre) décrivant une zone d'authenticité qui ne peut être mesurée. Les enseignements tirés de la nature et les parallèles entre le monde spirituel et le monde réel influencent les bâtisses et la réponse apportée aux problèmes architecturaux [...]. Sur le toit, une tige de fer intercepte les signaux d'alarme et les transmet aux Esprits des ancêtres aux alentours, lesquels à leur tour, alertent les autels

extérieurs. Tout le système des forces est dirigé vers l'autel terre, générateur suprême de la communauté » (UNESCO, 1998 in Falls, 2003). La communication entre le visible et l'invisible a lieu par l'intermédiaire de signes et de symboles. Elle donne lieu à la circulation d'énergie constituée de forces vitales dont la fonction est à la fois médiatrice et sacrée (Olivier et Barriere, 1997).

Pour ces sociétés traditionnelles de l'Afrique de l'Ouest, c'est à travers les Esprits et la nature que Dieu se révèle à la création. Cette perception justifie les offrandes faites par les autochtones pour solliciter l'autorisation des Esprits avant les activités de culture, de pêche, ou de construction dans leurs habitats naturels. Selon l'importance de l'activité, les sacrifices révélés par les divins sont constitué de beignets, de lait, de poulets, de chèvres, de bédiers, de tissu, de plats alimentaires partagés entre les membres et des noix de kola obligatoires qui font partie de toutes les cérémonies religieuses. C'est pourquoi, le kolatier est considéré comme un arbre sacré. Bien que le rituel soit différent d'une région ou d'une ethnie à l'autre, la pratique est répandue au niveau des toutes les populations indépendamment du type de religion pratiquée. Lors du défrichage ou de l'aménagement des bas-fonds par exemple, il n'existe pas de restriction quant à la participation des femmes au sacrifice chez les peuls musulmans du Fouta Djallon. Selon les membres du clergé des forêts et mares sacrés du site Ramsar de Tinkisso, chez les Toma animistes de la Guinée forestière, les femmes ne peuvent rien offrir directement aux génies ou participer au sacrifice, alors que chez les Kpellé de la même région, la femme a le droit si la société secrète y travaille. Celle-ci serait dite secrète en ce sens qu'en général, seuls ses membres se connaissent entre eux et ne sont vus et entendus que dans leurs masques. Ils notent en plus que dans le passé, l'initiation des nouvelles générations dans les forêts sacrées se poursuivait jusqu'à l'enrichissement moral, scientifique et spirituel. C'était un effort continu de la part des savants locaux qui favorisait un style de vie, une attitude vis-à-vis de la vie, de la nature, de l'environnement et des ancêtres fondateurs des sites sacrés.

Il est ainsi possible d'admettre comme autre hypothèse, que parallèlement aux scientifiques dans le cas de l'atome matériel, les savants locaux des sociétés traditionnelles

ont su à l'aide de sacrifices et de rites, maîtriser et canaliser cette autre forme d'énergie liée aux forces « vitalistiques » pour gérer leur société et les écosystèmes sous leur contrôle. Comme l'ont soutenu Lévi-Strauss (1962), Schön (1994) et Gélinau (2002), la pensée mystique ou magique et l'art permettent aussi d'appréhender et d'expliquer le réel à leur façon. Des pratiques issues d'expérimentation millénaire continue et renouvelée, a aussi émergé un autre savoir holistique qui a permis aux savants locaux de solutionner des problèmes sociaux et environnementaux aussi complexes que le monde moderne. Au lieu de les opposer ou de les marginaliser, il vaudrait mieux les mettre en parallèle en concevant des activités de recherche qui les mettraient en lien pour apporter des solutions alternatives aux invasions biologiques et aux changements climatiques qui menacent la survie des espèces. Cela n'est possible qu'à travers le dialogue et le respect de la diversité, de l'équité et de la réciprocité, nécessaires à la découverte de l'autre pour une remise en question. Comme le stipule la résolution VIII-19 de Ramsar (2002), il est alors important d'intégrer dans toutes les études et évaluations environnementales des critères d'impact culturel et social. Ceux-ci pourraient comprendre entre autres, des questions qui présentent une importance particulière sur le plan culturel. Il peut s'agir des croyances et des religions, des pratiques coutumières, des formes d'organisation sociale, les modes d'utilisation des terres, les lieux présentant un intérêt sur le plan culturel, les techniques endogènes de conservation des ressources, etc. Ces aspects ont toujours façonné en Afrique de l'Ouest, des paysages culturels riches en enseignements qui ont engendré au niveau des sociétés traditionnelles des valeurs d'identité et d'utilisation durable des écosystèmes hydriques et forestiers.

Ces données montrent que la réalité de ces sociétés traditionnelles étend le bien être de l'Homme au-delà de l'économique (Meite, 2004). Les personnes âgées qui incarnent la sagesse et les connaissances ancestrales sont révérees comme des forces spirituelles et « ce respect est étendu aux morts considérés comme faisant partie du continuum de l'espèce vivante » (Sarr, 2000). Dans ces sociétés, l'autorité croît avec l'âge jusqu'aux premiers ancêtres. Leurs âmes occupent une place importante parmi les puissances spirituelles, d'où pour les vivants, d'entretenir de bonnes relations avec eux à travers les rites et sites sacrés. Ils constituent une source de contact et d'échanges multiples qui créent et enracinent le

sentiment de cohésion des groupes et leur intégration dans un système complexe comprenant l'univers, les mondes visible et invisible. Par exemple, pour ces sociétés, les génies de l'eau seraient à la base de la perfection de l'art africain. Vogel (1981) rapporte à cet sujet, que la plupart des communautés estime que la création d'un nouveau culte peut être décidée à la suite des rêves ou des crises de possession pendant lesquels l'Esprit se révèle et explique à « l'élus », le rituel, les règles et les objets qu'il lui faut acquérir ou fabriquer, en spécifiant la coiffure, l'âge, la posture et les scarifications s'il s'agit de statuette. Il va de même du type d'arbre sacré à utiliser pour la fabrication des objets de culte. Quant à la musique, elle tirerait ses origines de l'eau à travers la *Kora* qui serait offerte par les génies de l'eau. Le rythme musical qui en a résulté serait le premier de tous les arts. Ce n'est qu'après que vinrent la danse, la sculpture et la peinture. Les regards portés sur cet élément fluide aux formes, aux forces et aux manifestations souvent insaisissables, sont si variés qu'ils ont donné naissance à une infinité de significations symboliques et de pratiques dans les traditions du continent noir. Ils ont déterminé la façon dont les populations perçoivent et gèrent les ressources en eau à travers leurs mares et forêts sacrées.

Dans l'étude de fond sur l'art africain et le sacré, Ogandaga (2008) note à cet effet, que ce n'est pas parce qu'on possède un corps et un cerveau morphologiquement humain, qu'on peut prétendre bénéficier obligatoirement des opérations de l'esprit. Le Moi conscient humain vis-à-vis de la nature et de la société se construit à travers les interactions socioculturelles. L'initiation dans un contexte de culte des ancêtres serait une modification de l'esprit qui s'accompagne d'une réorganisation du corps qui est loin d'être une illusion ou des simples supputations. Les mutations de l'esprit et du corps auraient sûrement pour siège, entre autres, une prodigieuse activité neurale et chimique qui peut être soumise à une étude systémique. Du point de vue neurobiologique, Damasio (1995) soutient à cet effet, que la profonde interaction entre le corps et l'esprit où la modification de l'un entraînerait nécessairement la modification de l'autre. Ainsi, les pactes de sang, le *sanankuya*, l'arbre à palabre, le langage du sacré et l'énergie vitale constituent d'une part pour les sociétés traditionnelles animistes, des éléments culturels de connexion entre individus et groupes sociaux et entre eux et la nature. D'autre part, des éléments déclencheurs de mutation de

l'esprit pour une prise de conscience en tant que consigne de la culture qui prédispose les acteurs à un acte.

Il n'existe donc pas de conscience en dehors de valeurs culturelles qui fondent l'identité. Ces valeurs reconnues dans la cosmologie des différentes civilisations et cultures ont engendré au niveau des sociétés traditionnelles des éléments non matériels, à travers la mythologie, les coutumes, la sagesse et les formes d'organisation des confréries qui ont permis à ces sociétés de vivre en harmonie avec la nature. Comprendre ces valeurs renvoie ainsi à une approche multiple et globale de la dimension environnementale des écosystèmes hydriques et forestiers. Leur intégration et valorisation au niveau des projets de développement dans le respect des racines et des communautés sont source de succès de la cogestion. La confrontation critique et continue de cet héritage culturel et de ce qui est considéré comme moderne doit permettre aux Africains de réactualiser leurs valeurs socioculturelles, de repenser leur propre développement en relation avec leurs cultures et des avancées scientifiques. En effet, si l'on admet que l'on peut tirer des enseignements des savoirs populaires pour parvenir à une gestion raisonnée de la nature, il est nécessaire de comprendre comment ces savoirs se construisent et s'organisent, comment ils rendent compte de la façon dont la réalité est perçue, conçue et vécue dans chaque société (Friedberg, 1997). Comme l'ont confirmé les données obtenus dans le cadre de cette étude, les démarches interdisciplinaires à mener dans cette direction, « qu'elles soient le fait d'écologues ou de sociologues reposent sur la volonté de rompre avec le dualisme Nature/Culture, en démontrant les multiples interactions qui se nouent autour des questions environnementales » (Barthélémy, 2005).

7.8 Nécessité de la mise en relation de divers modes académique et non académique d'appréhension du réel tangible et intangible pour enracer l'action environnementale des citoyens dans la culture

Les résultats de la présente étude témoignent que les sociétés traditionnelles africaines disposent des connaissances et des pratiques susceptibles d'apporter des solutions efficaces et

à moindre coût aux problèmes posés par la déperdition écologique et culturelle. La conservation de leurs écosystèmes a toujours été assurée par des organisations singulières très spécialisées et respectées des communautés. Il s'agit des confréries traditionnelles. Celles-ci ont su tout au long de leur histoire développer leur propre vision du monde, en élaborant des stratégies et des techniques de conservation à la fois efficaces, équitables et durables. Elles leur ont permis de réconcilier leurs besoins matériels et immatériels avec le maintien des équilibres naturels de leurs écosystèmes. Parmi leurs méthodes, il faut rappeler la création de ceinture verte autour des villages et des sites sacrés, la conservation des espèces rares, la maîtrise et le transfert de l'énergie vitale sur des objets, la formation pluridisciplinaire et en éducation relative à l'environnement dans les couvents initiatiques, la plantation d'arbres par chaque membre à chaque événement heureux ou malheureux, l'institution de l'arbre à palabre, des alliances de sang, de lait, de mariage et à plaisanterie pour assurer la cohésion et lutter contre le stress social. Leurs sites sacrés constituent le ciment même de leur identité, la manifestation tangible et intangible de leur mémoire créative et collective, leur patrimoine naturel et culturel qui codifie tout leur savoir et savoir faire à travers l'histoire comme indiqué à la figure 7.2.

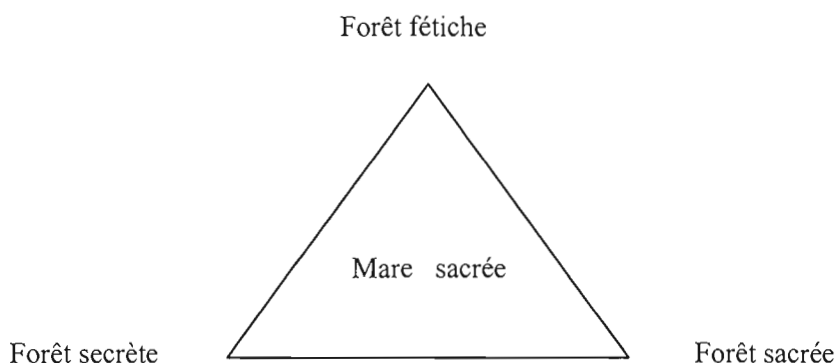


Figure 7.2 Couvents initiatiques de formation des confréries traditionnelles pour la conservation des ressources hydriques et forestières.

Selon les membres du clergé, ce triangle limité par un mur de pierres et placé devant les grottes des sites sacrés, représenterait aussi leurs Dankuns, dont l'aire centrale serait depuis des millénaires, le lieu de célébration des grands événements des confréries dans toute

l'Afrique de l'Ouest. Les chemins qui prolongent les sommets de ce triangle diviseraient leur territoire en trois zones : zone d'habitat naturel ou *Woulada* à protection intégrale, zone d'habitat humain et zone réservée aux activités agropastorales. Cette vision de l'aménagement du territoire et les données recueillies dans le cadre de la présente étude montrent l'importance du champ culturel des sociétés traditionnelles animistes dans la conservation. En effet, celui-ci a toujours intégré le droit, l'éthique, les rapports sociaux, la sagesse populaire, la déontologie, les normes relatives à l'environnement, la science et la sacralité de la vie et de la nature qui ont caractérisé leur religion. C'était grâce à ces valeurs enseignées dans ces couvents, que les nouvelles générations avaient accès aux connaissances de leurs écosystèmes, aux catégories végétales, animales, minérales et humaines, au visible et à l'invisible à travers la révélation pendant les rites, aux connaissances de la genèse et de la cosmologie telles qu'elles étaient perçues et enseignées par leurs savants locaux dans leurs cultures et langues. C'était par elles que les initiés au culte apprenaient leur raison d'être et d'être utiles à leurs communautés et à leur environnement. Grâce à la sagesse populaire, au sceau du sacré et à la maîtrise de l'énergie vitale, elles leur ont permis de maîtriser l'Homme dans sa complexité, ses caprices et désirs matériels et de domination pour le rendre plus docile, plus naturaliste et plus humain. Comme l'ont soutenu les membres du clergé des mares et des forêts sacrées, leur formation dans ces couvents se poursuivait jusqu'à la mort et ceux qui accédaient aux révélations intégraient les sociétés dites secrètes gardiennes de la tradition.

Comme l'ont mis en avant Roué et Nakashima (2002), « ces peuples autochtones tout comme de nombreux autres peuples, n'ont pas besoin d'une révolution paradigmatique pour devenir interdisciplinaires. Alors qu'il nous a fallu attendre que la science occidentale souffre de sa trop grande compartimentation pour envisager une construction de l'objet qui prenne en compte l'ensemble des disciplines nécessaires à sa compréhension, les savants locaux que sont les experts autochtones ont d'emblée une vision intégrée et systémique du fonctionnement des écosystèmes dont ils se considèrent comme partie prenante. Cette vision ne peut elle-même être séparée d'une pensée socio cosmique ou religieuse qui intègre une éthique environnementale » (Roué et Nakashima, 2002). Pour Moller *et al.* (2004) leurs

connaissances mettent en avant des causes différentes quant aux changements environnementaux éloignés des mécanismes biophysiques utilisés par les scientifiques. Ils entretiennent un rapport au temps plus long à travers l'histoire orale pour interpréter un processus écologique et enfin, leur ancrage local est le garant d'une bonne connaissance des lieux. Une histoire portant sur l'eau et les termitières racontée par un sage d'un village de la Côte d'Ivoire et rapportée par Clavreul (2003) matérialise dans ce domaine, le caractère holistique de ce savoir millénaire et montre la nécessité de sa mise en parallèle avec le savoir moderne. S'adressant au chef d'une équipe de forage d'eau qui a foré sans succès pendant plusieurs jours, le sage autochtone nota : « J'admire votre courage. Vous faites tout ce qui est en votre pouvoir pour nous donner l'eau, mais puis-je vous donner quelques conseils ? [...] L'eau coule sous la terre en petits ruisseaux. Nous ne pouvons pas voir ces petits ruisseaux sous la terre, mais ils existent. J'ai remarqué qu'en saison sèche, les termitières continuent à se développer. Et les termites ont besoin de beaucoup d'eau. Elles recherchent l'eau dans les ruisseaux en profondeur dans la terre. Je connais l'emplacement des termitières dans les domaines autour du village. Placez votre machine là. Vous trouverez de l'eau ». Le jour suivant l'équipe trouva de l'eau à l'endroit indiqué par le sage. Abordant le même sujet, Baines (1992) rappelle que les communautés des îles Salomon ont obtenu des droits d'auteur sur leurs connaissances écologiques enregistrées par des chercheurs.

Bien que certains y voient souvent plus de mythes et de superstition dans les stratégies et techniques de conservation des sociétés traditionnelle, les données de la présente étude montrent qu'elles ont une compréhension très poussée de l'environnement, un profond respect de la nature et une bonne connaissance des techniques de maîtrise du comportement de l'Homme dans la conservation. La mise en place de lieux de dialogue entre détenteurs de savoirs académiques et de savoirs profanes pourrait dans cette direction, apporter des solutions alternatives viables aux problèmes posés par la déperdition écologique et culturelle et les changements climatiques. Ceci comporte cependant, des défis et des enjeux. Par exemple, comment baliser les sphères du dialogue, dans le respect des différences mutuelles en ce qui a trait au langage utilisé, aux conceptions du monde véhiculées, aux modes de rationalisation et de validation employés, aux modes d'exploration du réel privilégiés, aux

valeurs, intérêts et finalités exprimés? Comment reconnaître les détenteurs de connaissances? Qui identifier comme expert, comme voix reconnue d'un champ de savoir donné? Ou encore, quelle méthodologie employer pour mener à bien une telle recherche interdisciplinaire où la pensée scientifique telle que traditionnellement définie, ne serait pas seule maîtresse du jeu et ne définirait plus d'emblée les règles à suivre? (Gélineau, 2002).

De ces nouveaux lieux d'expression de l'interdisciplinarité et des données de la présente étude, il apparaît que pour réussir dans cette direction et donner du succès à la cogestion des ressources hydriques et forestières en Afrique de l'Ouest, la mise en œuvre de recherches participatives et pluridisciplinaires qui intègrent différents modes académique et non académique d'appréhension du réel tangible et intangible est indispensable. En effet, elle permet d'enrichir les deux modes de connaissances et d'aider à atteindre les objectifs du développement durable. Dans le cas des recherches participatives par exemple, celles-ci supposeraient comme l'ont corroboré les données des enquêtes, que les diverses étapes soient déterminées par les acteurs en présence en particulier des savants locaux, de la définition de la problématique, en passant par le développement des outils et la cueillette de données, à l'analyse et à la diffusion des résultats, voire même à la recherche de financement (Bernard, 1988). De tel partenariat de recherche pluridisciplinaire avec les savants locaux et leurs communautés, peuvent favoriser la réhabilitation des couvents initiatiques et l'avancement des connaissances. Au plan préhistorique et archéologique par exemple, il peut s'agir de l'inventaire et de l'analyse des gravures, des masques, des sanctuaires des divinités, des outils, des sculptures, des sépultures et autres éléments des sites sacrés souvent originels qui témoignent de l'ancienneté des confréries et de leur tradition de conservation des ressources naturelles. Dans ces lieux de culte, les Dankuns et les grottes devant lesquels ils sont placés, pourraient être de grand intérêt scientifique. La division de leur territoire suivant le prolongement des sommets du triangle des Dankuns pourrait aussi orienter les recherches.

Au cours de son entretien avec Alexandre Mensah en décembre 2006 sur son livre : « la confrérie des chasseurs de l'Ouest-Africain, une histoire plus que millénaire », le malien Youssouf Tata Cissé, ethnologue, chercheur au CNRS et spécialiste des civilisations du

mandingue a rappelé dans ce domaine, que l'homme Mambi qui aurait fédéré les chasseurs traditionnels du monde mandingue (pays de l'Afrique de l'Ouest), aurait élu domicile dans une grotte où il y a des peintures pariétales. Tous les chasseurs y viendraient pour célébrer leurs rituels. Quant aux chasseurs Soninké itinérants de la vallée du Nil à celles du Niger et du Sénégal, ils auraient recours à la comète de Halley pour évaluer le temps. Depuis leur implantation au Mali, ils auraient observé 67 fois la dite comète en 1986. Ceci a permis de déterminer la durée de leur établissement dans ce pays à 5030 ans approximativement. Concernant les Dogon du Mali, leur calcul du temps serait basé sur le cycle du Sirius qui est de soixante ans et qui détermine la cérémonie du Sigui encore célébrée par ces communautés.

Rappelons à cet effet, qu'en 1950, Griaule et Dieterlen publiaient un article surprenant sur les connaissances des Dogons du Soudan : *Un système soudanais de Sirius*. Dès l'introduction, les auteurs avertissaient : « Les documents recueillis n'ont donné lieu de notre part à aucune hypothèse ou recherche d'origine. Ils ont été simplement mis en ordre en ce sens que les dires des quatre principaux informateurs ont été fondus en un même exposé. La question n'a pas été tranchée, ni même posée, de savoir comment des hommes ne disposant d'aucun instrument connaissent les mouvements et certaines caractéristiques d'astres pratiquement invisibles. Il a semblé plus opportun dans cette circonstance d'une spéciale importance de donner les documents bruts ». (Griaule et Dieterlen 1950). Selon ces auteurs, les Dogon connaissaient jusque dans le fin détail, le système de Sirius ainsi que ses trois compagnons. Mais, ce qui les intéressait c'était surtout son compagnon invisible qu'ils appellent la *Digitaria*. Celui-ci effectue une rotation complète autour de Sirius à peu près tous les soixante ans. Pour eux, le monde a été créé à partir d'un mouvement spiralé et tourbillonnaire. À la fête du Sigui, considérée comme la fête du renouvellement du monde qui supposait un retour aux origines, une abolition de l'année et du temps écoulé est mise en marche cette trajectoire serpente du Sirius. Griaule avec l'aide des Dogons a retrouvé la date de la première célébration de la fête du Sigui qui actualise la trajectoire serpente de Sirius. Cette date est le 1er juin de l'an 2000 avant notre ère (Griaule, 1957).

Ces données témoignent de la complémentarité des connaissances modernes et traditionnelles. Actuellement, peu d'études ont été menées pour répertorier et cartographier les sites sacrés, identifier leur biodiversité, les trésors de leurs grottes, les méthodes et techniques utilisées pour la maîtrise de l'énergie vitale et de son transfert sur des objets de cultes, ainsi que les rites qui s'y déroulent. La situation est la même dans le domaine de la littérature. En effet, les coutumes, les rites, les récits, les mythes, les légendes, les contes, les devinettes, les poèmes, les chants, la musique, les proverbes et les satires encore détenus par les membres des différentes confréries et les *maîtres de la parole* pourraient en tant que mémoire de la tradition orale et éléments de communication et d'éducation, témoigner de la richesse et de la vitalité des cultures traditionnelles des pays de l'Afrique de l'Ouest. De telles recherches peuvent aider à faire le constat sur ce que ces confréries ont apporté à la sous région et tout ce qu'elles peuvent encore apporter à la conservation et à la civilisation universelle. Réfléchir sur ces sujets permet de mieux connaître leur philosophie, leur mémoire millénaire et l'Homme traditionnel africain dans toute sa plénitude.

Des recherches au niveau des sites sacrés de la Guinée qui a été la capitale des grands empires qui se sont succédés en Afrique de l'Ouest, pourrait être de grands intérêts scientifiques. La participation au dialogue et à la recherche pourrait permettre dans ce domaine aux gardiens de la tradition et à leurs communautés, de mettre en synergie leurs savoirs et savoir faire millénaires avec les connaissances modernes et de décider de leurs propres priorités en matière de développement et de recherche. Dans cette démarche, les décideurs, les universités et les ONG pourraient agir en tant qu'alliés en leur apportant tout leur soutien. Pour cela, il est essentiel de mettre en œuvre des programmes et des lois pour protéger et réhabiliter les sites et les confréries, identifier et soutenir la formation des chercheurs indigènes dans les universités et impliquer dans la recherche ceux qui ont bénéficié de la formation dans les centres initiatiques et dans les écoles modernes. En effet, ces derniers pourraient contribuer au succès de la recherche de leur communauté et à la mise en synergie des deux modes de connaissances. En valorisant les protocoles de recherche de leur communauté, ils pourraient renforcer leur autonomie et leurs capacités innovatrices en matière de conservation. L'implication d'autres chercheurs intéressés dans le domaine,

pourrait aussi aider à mieux cerner la problématique des connaissances traditionnelles, à comprendre les logiques et à définir de nouveaux concepts et de nouvelles méthodes de recherche pour la préservation de leur patrimoine naturel et culturel menacé par la mondialisation et les projets de développement. Cette démarche qui intègre les deux modes académique et non académique d'appréhension du réel tangible et intangible est présentée à la figure 7.3.

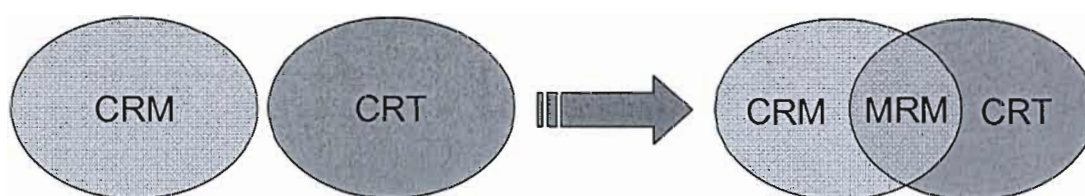


Figure 7.3 Établissement interdisciplinaire de méthodes de recherches mixtes (MRM) pour la mise en synergie des connaissances et recherches modernes (CRM) et traditionnelles (CRT) et la préservation des diversités biologique et culturelle.

Une des pistes intéressantes de protection et de valorisation des connaissances et pratiques traditionnelles de conservation consiste en la mise en œuvre de projets d'éducation relative à l'environnement dans les écoles modernes et les couvents initiatiques. Lors des classes promenades par exemple, un accent sera mis sur la découverte des différents sites sacrés et des pratiques qui s'y déroulent en impliquant les membres des confréries dans l'apprentissage des élèves. Cette stratégie et ces formes de recherches pourraient se révéler riches en leçons pour l'établissement de méthodologies aptes à susciter un dialogue interdisciplinaire entre détenteurs de connaissances modernes et traditionnelles. Pour garantir la durabilité des actions de conservation, la formation des jeunes autochtones devrait être encouragée. Leur soutien avec leurs communautés pourrait ainsi servir non seulement de lieu d'expérimentation de stratégies pédagogiques, technologiques, sociologiques et écologiques, mais aussi de moyen pour protéger la diversité biologique et culturelle. La création d'un réseau de chercheurs indigènes au niveau des quatre régions naturelles du pays : Basse, Moyenne, Haute Guinée et Guinée forestière qui se distinguent par le climat, le relief, les ethnies, les croyances et les cultures, pourrait faire participer un plus grand nombre de

chercheurs et d'organismes qui souhaitent s'impliquer de façon respectueuse et éthique à la recherche indigène et à la conservation du patrimoine naturel et culturel du pays.

Cette stratégie est essentielle pour sauvegarder le savoir et le savoir faire des dernières générations formées dans les couvents initiatiques. En Basse Guinée par exemple, la dernière formation dans les couvents initiatiques date de 1952. Elle permet de contrer les politiques actuelles de développement qui contribuent de plus en plus à la désacralisation des sites sacrée, à leur dégradation et à la perte de leur biodiversité originelle et des connaissances et pratiques qui s'y rattachent. La situation actuelle de la mare sacrée de Baro constitue un exemple. Cette mare qui a joué un rôle important entre communautés depuis les grands empires de l'Afrique de l'Ouest, accueille chaque année des milliers de pèlerins du pays, de la sous région et voire de l'Europe et de l'Amérique qui viennent y adresser leurs vœux aux génies protecteurs de la nature qu'abriterait la forêt de fromagers sacrés de la mare. Cette grandiose fête annuelle qui marque la fin de la saison sèche a toujours permis aux expatriés de revenir à leur pays pour se ressourcer. Elle est caractérisée par des danses folkloriques, des chants et des présentations des vœux aux génies de la nature. La fête est couronnée par une pêche collective qui repose sur le cycle naturel de reproduction des espèces, leur abondance et accessibilité et le respect des règles coutumières consacrées par la tradition à leur conservation. Plusieurs espèces menacées et rares ne se trouveraient que dans ces sites qui constituent de nos jours, les musées naturels de l'Afrique de l'Ouest. Outre la valeur alimentaire, les prises représenteraient pour les communautés et les participants, des symboles de relation de l'Homme avec la nature et entre générations et communautés. Ainsi, lorsque les vœux sont exaucés, les participants envoient des cadeaux aux gestionnaires de la mare pour aider à assurer sa conservation avec sa forêt et l'amélioration des conditions de vie de leur communauté.

Malgré ce rôle socioculturel et environnemental que joue l'écosystème depuis des millénaires, sa cogestion et sa désacralisation ont contribué à la détérioration du site et de sa biodiversité. Déjà, des milliers d'alevins exotiques ont été introduits sous prétexte de repeupler la mare et de contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations

riveraines. Ces pratiques sont contraires aux objectifs du développement durable et au cadre de référence et pratiques de conservation des sociétés traditionnelles. Elles constituent une menace pour le reste des forêts et mares sacrées originelles, la biodiversité, l'environnement et les cultures autochtones. Elles témoignent que les gouvernements de nombreux pays africains évaluent encore peu l'importance de leur patrimoine naturel et culturel, les avantages que celui-ci peut leur procurer en termes d'identité, de protection de l'environnement, de développement et d'amélioration des conditions de vie de leurs populations. Ces sites auraient pu prendre une place importante dans le marché du tourisme régional et international en permettant de faire connaître et découvrir le patrimoine naturel et culturel du pays et d'aider les populations à s'autogérer et de gérer leurs écosystèmes. Il y a là une chance à saisir pour la création de projets de cogestion viables dans le respect des cultures, de l'environnement et de la conservation des diversités, biologique et culturelle, du continent. Ces forêts et mares sacrées devraient à cet égard, être considérées comme une propriété collective à protéger, à sauvegarder (restaurer, réhabiliter) et à transmettre avec des valeurs ajoutées aux futures générations conformément au cadre de référence des populations autochtones et des fondateurs des sites. Il suffit pour cela de réviser la législation et de faire valoir une volonté politique et administrative fondée sur un nouveau regard sur la conservation du patrimoine naturel et culturel du continent.

La Guinée devrait prendre dans cette direction, l'exemple de son voisin la Côte d'Ivoire, où selon Ibo (2005), des chercheurs d'une ONG nationale la Croix verte de Côte d'Ivoire, ont fait l'inventaire des forêts sacrées du pays selon des critères et ont élaboré des stratégies pour les préserver avec leur biodiversité. Tout au long du processus, des groupes traditionnels œuvrant dans les diverses communautés ont aidé à diagnostiquer les menaces, les facteurs entraînant des intérêts divergents et les conflits les concernant. Les promoteurs de ce mouvement soutenu par le PNUD et le CRDI pensent à terme, de faire l'ébauche d'une charte qui octroie un statut spécial à ces lieux sacrés communautaires. En outre, au Bénin, des chercheurs ont dressé un inventaire de 2940 forêts sacrées couvrant un total de 18360 ha. Ces forêts ont été regroupées selon la fonction, soit en forêts fétiches (59,6%), forêts de sociétés secrètes (20,8%), forêts communautaires (9,8%) et forêts cimetières (8,33%) (Houngnihin,

2005). D'après l'auteur, ces forêts remplissent une fonction écologique (protéger la ressource en eau, les sols, l'habitat), une fonction socioculturelle (cimetière, lieux de bénédiction, de malédiction et d'initiation), une fonction religieuse (abriter les divinités) et une fonction économique (récolte de bois, de plantes médicinales et alimentaires). Ces systèmes traditionnels permettent encore de contrôler l'usage et de conserver leurs ressources grâce aux croyances et à l'efficacité des techniques de sacralisation des savants locaux.

Les modes de connaissance occidentaux ancrés dans les études, la science et la littérature, manquent encore de cette expérience vécue dans les pays en développement. Les preuves quantitatives et les chiffres ont de tout temps dominé ce mode de pensée qui voit les choses en termes de ce qui peut être vu et prouvé scientifiquement. Cependant, cette façon académique de classer, d'ordonner, de valider, d'expliquer le réel est-elle la seule valide? D'autres modes d'explication et d'exploration ne pourraient-ils contribuer à la compréhension d'un objet ou d'une problématique donnée? Bien plus, la science peut-elle à elle seule prétendre appréhender et expliquer tout le réel tangible? Certains lieux de ce réel ne demeurent-ils pas hors de sa portée? Pourrait-on ainsi concevoir comme interdisciplinaire un projet de recherche qui mettrait en relation divers modes académiques et non académiques d'appréhension de ce réel? (Gélineau, 2002). Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude montrent qu'il est bien possible de concevoir de tels projets de recherche qui mettent en lien divers modes d'appréhension du réel tangible et intangible pour enraciner l'action environnementale des citoyens dans leurs cultures, donner du succès à la cogestion des ressources hydriques et forestières et atténuer les impacts de la mondialisation économique sur les économies, les cultures et l'environnement des pays en développement.

L'élaboration de système de connaissances indigènes touchant tous les aspects de la vie, y compris la gestion de l'environnement naturel est en effet, essentielle à la survie des peuples qui les créent (Grenier, 1998). Actuellement, les étrangers de plus en plus sensibilisés sont devenus conscients que ces systèmes de connaissances, la biodiversité et la diversité culturelle (trois systèmes interdépendants) sont menacés d'extinction. Cette situation est accentuée par le fait que la communauté scientifique se méfie encore des données qualitatives

qui caractérisent les connaissances indigènes (Sallenave, 1994). Or, d'après Emery (1997), ces connaissances sont plus que la science. Si la science n'est qu'une partie du savoir, traiter les connaissances indigènes comme de la science réduit leur portée et leur valeur. C'est pourquoi, depuis quelques temps, ces connaissances indigènes sont considérées comme une nouvelle sagesse collective traitant d'une variété de questions, que nous apprenons à connaître à une époque où l'on remet en cause les normes, valeurs et lois en place (Berkes, 1993). Nous prenons aussi conscience que les technologies associées aux grandes puissances économiques tendent avec la mondialisation à prendre la place des technologies et cultures locales. Or, avec les conséquences de la déperdition écologique et culturelle, des changements climatiques et des invasions biologiques sur la survie des espèces, il apparaît nécessaire comme dans le cadre de cette étude, de déterminer les éléments valables de ces technologies pour leur réserver une place importante dans la réalisation des objectifs du millénaire et du développement durable.

CONCLUSION GÉNÉRALE

En Guinée, en plus des pressions humaines, les ressources hydriques, forestières et agricoles subissent les impacts de l'utilisation des espèces exotiques, des OGM, des engrais et des pesticides dans les principaux bassins. Les gouvernements et les citoyens sont peu conscients du danger des politiques actuelles de développement et des impacts des invasions biologiques, considérées comme la deuxième cause d'érosion de la biodiversité après la destruction et la transformation des habitats naturels par les activités humaines. Peu d'études ont été menées dans ce domaine pour apprécier les enjeux, valoriser les espèces indigènes, les connaissances et pratiques de conservation autochtones, dégager des lignes directrices et proposer des alternatives de solutions durables pour améliorer la ressource en eau et sa qualité. C'est dans cette perspective que la présente étude a été réalisée. Pour atteindre ces objectifs, une approche participative et interactive d'enquête fondée sur les pratiques traditionnelles a été expérimentée et utilisée en complément des méthodes conventionnelles. Elle a permis de saisir à travers les attitudes, les croyances et les comportements des acteurs, l'importance du champ culturel des autochtones dans la conservation. Celui-ci intègre en effet, le droit, l'éthique, les rapports sociaux, la sagesse populaire, la déontologie, les normes relatives à l'environnement, la science et la sacralité des interdits, de la vie et de la nature.

Les enquêtes réalisées dans les bassins aménagés du massif du Foutah Djallon (Dalaba et Pita) ou château d'eau de l'Afrique de l'Ouest, ont montré que la recherche de la rentabilité et les critères des marchés contribuent de plus en plus à l'homogénéisation et à la spécialisation de la flore, ainsi qu'à l'imposition de modèles agricoles et forestiers standardisés qui marginalisent le social, l'environnement et le culturel. Les variétés sélectionnées à base génétique réduite sont diffusées par les privés et les services de recherche et de vulgarisation. Les collections exotiques utilisées concernent les légumineuses alimentaires et fourragères, les cultures maraîchères, céréalières, les tubercules, les agrumes et les semences forestières de *Pinus*, d'*Eucalyptus*, de *Cassia*, de *Teck*, de *Gmelina*, etc.

Leurs cultures occupent les terres humides, épuisent les ressources en eau, éliminent la biodiversité indigène et les habitats, répandent dans les écosystèmes des polluants chimiques et génétiques, des maladies et des prédateurs exotiques, en créant des déficits alimentaires. Parmi les maladies exotiques figurent la *cercosporiose* due à *Phaeoramularia angolensis* qui a détruit plus de la moitié de la production nationale en agrumes, la *Pyriculariose* et l'*Helminthosporiose* au niveau des cultures céréalières et le puceron du cyprès européen, *Cinara cupressi* (Buckton). En raison de l'utilisation généralisée de conifères exotiques en Afrique Occidentale et Orientale, ce dernier occasionne des pertes estimées à plusieurs millions de dollars par an. Les conséquences sont en général peu connues des acteurs et peu associées à leur utilisation. Seuls les centres de recherche bénéficient de pesticides pour combattre les ravageurs et les maladies au niveau des parcelles d'essais et de vulgarisation. Leur culture au Foutah Djallon a bouleversé en outre, le système traditionnel de multiculture qui a permis l'amélioration et la conservation des sols ferralitiques et des espèces indigènes.

La plupart du matériel exotique provient des jardins exotiques implantés par les colons, des sociétés privées, du centre d'amélioration génétique et des essais de provenance de Dubréka financé par l'Union Européenne et du commerce que les institutions forestières et agropastorales établissent avec le commerce international. Cette substitution des forêts tropicales par des mono forêts exotiques, de l'agriculture de subsistance par celle des OGM et le peu de législation et de structures de contrôle et de surveillance constituent ainsi, une menace pour l'environnement et la survie des espèces en Afrique. Pour y faire face, il faut d'une part, améliorer la gouvernance, les cadres juridiques et institutionnels et la formation de cadres compétents pour assurer la collecte et l'analyse des données nécessaires à la mise en oeuvre de politiques de développement durable. Ceci passe par l'attribution de certificat d'exportation et d'importation, l'inspection systématique des produits importés, des actions de recherche et de mise en quarantaine et d'application rigoureuse du principe de précaution et du principe du pollueur-payeur de manière à responsabiliser légalement les sociétés importatrices et utilisatrices par rapport aux risques que leurs activités engendrent. D'autre part, il faut intervenir dans les zones colonisées afin de les éliminer et de restaurer les bassins et forêts primaires, sensibiliser les acteurs et impliquer les populations autochtones en

valorisant les espèces indigènes et leurs connaissances et pratiques de conservation des forêts et mares sacrées qui ont façonné leur identité et cultures.

Les enquêtes réalisées auprès des riverains du bassin du barrage de Tinkisso et de sa forêt humide ont montré que la cogestion est utilisée comme moyen pour obtenir des fonds et réduire les coûts des projets sans partage du pouvoir et des bénéfices. Elle divise les populations et conduit à la privatisation des terres des populations autochtones, à la délivrance de permis de coupe, de concessions minières et agricoles. Ceci a eu comme conséquences, les conflits domaniaux, la désintégration des structures d'interface, la déperdition de ressources hydriques et forestières, la prolifération des feux de brousse, de la pêche, de la chasse commerciale et des maladies. Depuis la colonisation, les structures traditionnelles éprouvent des incertitudes quant à leur droit sur leurs terres, les arbres et les zones humides qu'elles ont su conserver. Seules leurs sites sacrés résistent encore aux pressions et continuent de rendre des services aux populations. Cependant, les projets et leur cogestion avec l'administration ont conduit à leur désacralisation et à la perte de leur biodiversité originelle. Les institutions d'aide au développement sur lesquels s'appuie l'État pour améliorer la situation, les intègrent peu dans leurs études et projets avec les aspects socioéconomiques, culturels et environnementaux. Dans ces conditions, le développement précipité d'un modèle général de cogestion des bassins et des forêts et de son transfert d'une zone à une autre apparaît être peu logique. En effet, la prévalence de la logique économique et le peu de prise en compte de la diversité de situations écologiques, socioéconomiques et culturelles et des interactions entre parties prenantes et éléments naturels et culturels peuvent rendre cette généralisation dangereuse en particulier dans les zones humides et sites sacrés encore sous contrôle autochtone. Ces musées naturels représentent de nos jours les seuls réservoirs de biodiversité originelle de l'Afrique de l'Ouest.

Les activités de cogestion ne devraient pas être précipitées dans une tentative d'entreprendre le tout à la fois. Il s'agit là d'un processus complexe qui doit être réalisé en des étapes progressives et soigneusement étudiées avec les parties prenantes. Ces étapes exigent entre autres, la restitution des terres aux pauvres et leur responsabilisation, la

reconnaissance et la valorisation des connaissances, pratiques et espèces indigènes et la nécessité d'adresser ce qui ne doit pas être fait (pratiques non durables), ce qui doit être fait (protection, restauration, sacralisation, récolte durable), quand (calendrier des activités), comment (conseil technique, normes, arrangement de financement) et par qui (arrangement institutionnel et organisationnel). Tout cela exige la participation du public et des études participatives et pluridisciplinaires dans lesquelles, sociologues, ethnologues, savants locaux et partenaires d'aide au développement ont un rôle déterminant à jouer. Les données sur les connaissances, pratiques et croyances des sociétés traditionnelles montrent dans ce contexte, qu'elles sont riches en enseignements en matière de conservation. Pour ces sociétés, la nature et ses composantes constituent des dons divins sacrés à conserver et à transmettre avec des valeurs ajoutées aux futures générations. Ceci se matérialise à travers les cultes rendus à l'eau, aux plantes, aux animaux, aux minéraux et aux sites sacrés qui sont autant de survivances de dévotion qu'elles adressent à la nature. Ces croyances sont renforcées par la formation pluridisciplinaire et l'éducation relative à l'environnement de leurs confréries de chasseurs, de guérisseurs, d'éleveurs, d'agriculteurs, de pêcheurs et de divins dans leurs couvents initiatiques (forêts et mares sacrées) et la maîtrise par leurs savants de l'énergie vitale. Le transfert de celle-ci sur des objets de culte leur a permis de sacraliser leurs écosystèmes et de punir les irrévérencieux à travers les techniques d'envoûtement et de désenvoûtement. Ces techniques rendent les chefs des confréries très redoutés et respectés parce qu'en mesure d'infliger des sanctions pouvant conduire à la mort. Dans toute l'Afrique de l'Ouest, ces organisations ont été garantes de la tradition et de la conservation de la biodiversité et des ressources hydriques et forestières.

Actuellement, la désacralisation et la privatisation du reste de leurs écosystèmes et l'interdiction de leur formation par les colons et les États qui se sont succédés, affectent l'environnement et les diversités biologique et culturelle. La cogestion de la mare sacrée de Baro et de sa forêt qui accueillent chaque année des milliers de pèlerins de tous les continents a conduit à la transformation de l'écosystème en station de pisciculture et de riziculture. Déjà, des milliers d'alevins exotiques ont été introduits sous prétexte de repeupler la mare et de contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations. Or, ces sites sacrés auraient

contribué au développement du tourisme et à la conservation du patrimoine naturel et culturel du pays. Ces pratiques sont contraires aux objectifs du développement durable et aux conventions sur l'environnement. Pour bénéficier de leurs savoirs et savoirs faire dans la cogestion, le renforcement de la gouvernance, la prise en compte du social, du culturel et de l'environnement, la rectification des politiques de développement et des erreurs au niveau des cadres juridiques et institutionnels s'avèrent être indispensables. Pour cela, il y a lieu de se départir des considérations qui consistent souvent à minimiser l'importance des croyances, connaissances et pratiques traditionnelles dans la conservation, à assimiler les autochtones à des opposants au développement, à des pilliers de ressources à marginaliser, à surveiller ou à des simples bénéficiaires de services ou de connaissances modernes. Il faut au contraire, instaurer un vrai partenariat pour faire converger connaissances modernes et traditionnelles dans la mise en œuvre efficace des objectifs du développement durable.

Les enquêtes ont montré en outre que les promoteurs des projets tiennent peu en compte la relation qui existe entre santé humaine et santé des écosystèmes. L'utilisation abusive des espèces exotiques et des OGM, la mort de poissons dans les cours d'eau des zones aurifères, l'augmentation de l'amertume de feuilles et des tubercules de manioc (présence de cyanure), la contamination des argiles locales et des eaux par les nitrates et les métaux lourds et l'augmentation de la turbidité et de la couleur des eaux des cours d'eau et les rejets miniers sans traitement, constituent quelques exemples d'impacts des projets dans le site Ramsar de Tinkisso. Actuellement, les populations sont confrontées à plusieurs maladies qui accentuent le commerce de plantes médicinales. Plusieurs espèces sont menacées de disparition dont entre autres, *Guiera senegalensis* Lam et *Cochlospermum tinctorium* A. Rich. De plus, le phénomène d'eutrophisation liée à la culture du coton génétiquement modifié dans les bassins du site risque d'accélérer les invasions des espèces exotiques introduites : *Cassia siamea*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Acacia spp.* et *Gossypium*. Un des moyens pour atténuer les impacts consiste à utiliser et à valoriser la biodiversité indigène. Les enquêtes ont permis dans cette direction, d'identifier une riche littérature sur celle-ci, sur les multiples usages qu'en font les populations dans les différentes langues nationales.

Malgré l'holisticité des connaissances écologiques que cette littérature contient, elle est peu exploitée. Ainsi, huit types d'argiles à usages internes et externes et 126 plantes médicinales utilisées dans l'alimentation et la santé humaines et animales, le traitement des eaux et des maladies, la fabrication d'objets de culte pour la sacralisation des écosystèmes, ont été identifiées auprès des guérisseurs traditionnels. Ces argiles et plantes, en plus de contribuer à la fixation du bétail pour réduire ses impacts sur les bassins, ont permis à ces guérisseurs de décontaminer leurs points d'eau infectés par les vecteurs des bilharzioses, de l'onchocercose et de la dracunculose et de soigner le paludisme, la trypanosomiase et autres maladies engendrées par les projets. Ces données ont été corroborées par les données scientifiques. C'est le cas par exemple de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del, utilisé en alimentation et santé humaines et animales et dans la décontamination des points d'eau. La plante contiendrait des saponosides stéroïdiques, des terpènes, des stérols et des saponines qui sont efficaces dans la lutte contre ces maladies et leurs vecteurs. À la différence des pesticides utilisés actuellement par les institutions d'aide au développement pour éradiquer ces maladies, ils perdraient leur toxicité en quelques jours sans affecter l'humain et les poissons. Ceci justifie la complémentarité des données scientifiques et traditionnelles et la nécessité de l'utilisation et de la valorisation des connaissances et espèces indigènes dans la restauration des bassins versants et des forêts classées.

Dans le domaine du traitement des eaux, les tests de coagulation floculation avec les argiles et les graines de *Moringa oleifera* ont montré qu'elles peuvent réduire des turbidités de 25 à 300 UTN et des couleurs de 25 à 87 UCV des eaux de puits et de marigot à plus de 98%. Il apparaît en outre, que contrairement au *Moringa* qui s'est avéré être efficace dans le traitement des eaux de surface, ces argiles sont plus efficaces dans le traitement des eaux de puits et leur combinaison permet de traiter plus efficacement les deux types d'eau. Tenant compte de résultats significatifs obtenus avec la combinaison de la coagulation floculation et de la filtration sur couche, de l'expérience des femmes dans la construction des filtres et de leur niveau de formation dans l'optimisation du processus de traitement, la coagulation des eaux de boisson le soir et leur filtration le matin est à recommander en zones rurales et périurbaines. Les analyses et les tests ont montré, en outre, que ces argiles à usages internes et

externes sont constituées principalement de kaolinite (32 à 83%) et servent de barrières de stockage des métaux lourds et des nitrates dans les sols. Ceci justifie le danger de leur consommation abusive avec les eaux contaminées par les populations. De plus, les résultats des tests ont montré que les graines de *Moringa oleifera*, d'*Anacardium occidentale*, de *Tamarindus indica*, de *Terminalia cattapa*, la pulpe des graines d'*Adansonia digitata* et ces argiles peuvent réduire de 53 à 86% des concentrations initiales de 30 à 120 mg-N/L de nitrates. Ainsi, des concentrations de 30 à 60 mg-N/L de nitrates signalées par des études antérieures dans les eaux des puits et des forages en zones rurales et périurbaines du pays, ont pu être réduites jusqu'à des valeurs inférieures à la valeur guide de l'OMS (10 mg-N/L de nitrates). L'amélioration du traitement est davantage favorisée par les suspensions des poudres, la diminution du pH et parfois par la filtration. Par ailleurs, la performance des graines des plantes diffère selon qu'elles soient cuites ou non. Ceci constitue une autre piste de recherche de coagulants d'adsorbant et de désinfectants naturels. L'efficacité de ces produits naturels (5 mg/L éliminent de 53 à plus de 80% des concentrations de 30 à 120 mg-N/L de nitrates) justifie la possibilité de leur utilisation dans la décontamination des points d'eau des métaux lourds et de nitrates (par introduction d'une certaine quantité) comme le font les guérisseurs pour les décontaminer des vecteurs des maladies par déversement de décoction ou de poudres des plantes identifiées.

Ces données montrent ainsi que l'utilisation et la valorisation des connaissances, méthodes et espèces indigènes sont susceptibles d'enrichir les connaissances modernes et d'apporter des solutions efficaces et à moindre coût aux problèmes posés par la déperdition écologique et culturelle. Pour assurer le succès de la cogestion des ressources, plusieurs leçons doivent être tirées des méthodes et techniques de conservation des autochtones :

- elles ne sont pas caractérisées par la compétition et le dualisme Homme/Nature, mais par la synergie, la rencontre et l'émulation fondée sur le principe selon lequel, plus l'Homme respecte la nature sacrée, plus celle-ci devient généreuse;
- grâce aux croyances, à la sagesse populaire, au sceau du sacré et à la maîtrise de l'énergie vitale et de son transfert sur des objets de culte au niveau des autels pour sacraliser leurs écosystèmes et punir les irrévérencieux, elles ont permis de maîtriser l'Homme dans ses

désirs matériels et de domination de la nature. Ces éléments rendent la législation traditionnelle plus efficace et les maîtres de la tradition plus redoutés, parce qu'en mesure d'infliger des sanctions pouvant conduire à la mort grâce à leurs techniques d'envoûtement. Ceci explique le caractère originel de leurs sites sacrés;

- elles accordent une importance à la formation pluridisciplinaire et à l'éducation relative à l'environnement de leurs confréries dans leurs couvents initiatiques;
- la gestion des conflits et de la cohésion entre ethnies, clans, castes et professions est régie par l'arbre à palabre, les pactes d'alliances de sang, de lait, de mariage et à plaisanterie. Ceci explique le peu de stress au niveau de ces sociétés de foi en dépit de leurs conditions socioéconomiques difficiles suite à la privatisation de leurs terres;
- pour réconcilier leurs besoins avec le maintien des équilibres naturels de leurs écosystèmes, leurs méthodes et techniques intègrent divers modes empiriques et non empiriques d'appréhension du réel tangible et intangible pour maîtriser l'Homme et enraceriner la conservation dans leurs cultures.

Ces données montrent un besoin réel de partage et d'application de tout ce que recèlent les systèmes de connaissances modernes et traditionnels dans la mise en œuvre des objectifs du développement durable. Elles imposent la nécessité de reconnaître et de défendre les systèmes traditionnels de conservation décentralisée et d'accentuer les efforts visant à les intégrer et à les adapter aux besoins actuels de protection de l'environnement et de lutte contre la déperdition écologique et culturelle. Pour cela, les législateurs et les administrateurs devraient s'affranchir de l'application souvent *aveugle* des législations modernes ou coloniales à caractère restrictif et répressif pour interroger la psychologie, les préoccupations et les capacités des parties prenantes et se pencher sur les connaissances, pratiques et législations indigènes qui favorisent la conservation. En effet, selon les données obtenues dans le cadre de cette étude, la science et les techniques modernes ne sauraient prétendre être les seules productrices de savoir et les seules capables de résoudre les problèmes environnementaux auxquels le monde est confronté. De pratiques traditionnelles issues d'expérimentations millénaires continues et renouvelées, a aussi émergé un autre savoir

holistique qui a permis aux savants locaux de solutionner des problèmes aussi complexes que le monde moderne. Au lieu de les opposer, mieux vaut les mettre en parallèle et concevoir comme ces sociétés, des activités de recherche qui mettent en lien divers modes académique et non académique d'appréhension du réel tangible et intangible pour élargir le concept de pluridisciplinarité et ancrer l'action environnementale de citoyens dans leurs cultures.

La problématique de la dégradation de l'environnement étant un défi planétaire, elle exige des connaissances et des pratiques tant traditionnelles que modernes. L'implication des sociologues, des ethnologues, des historiens, des chercheurs autochtones et autres dans la valorisation du patrimoine culturel et naturel au niveau des sites sacrés, pourrait permettre dans ce contexte, de répertorier leur biodiversité, de retracer l'évolution des confréries traditionnelles et leur rôle dans la conservation, ainsi que de comprendre la personnalité de l'Homme traditionnel africain dans sa plénitude et dimension culturelle à travers le trésor archéologique des sites. En tant que bibliothèques de l'histoire africaine, ces sites oubliés, leurs grottes et dankuns où sont célébrés les grands événements des confréries, pourraient aider à l'avancement des connaissances tant traditionnelles que modernes. En protégeant, en réhabilitant ces écoles ancestrales et en les mettant en synergie avec les écoles modernes, il serait possible de promouvoir la formation et la recherche autochtone. L'identification des chercheurs autochtones, leur soutien et implication dans les projets et recherches de leurs communautés et dans l'élaboration de programmes d'enseignement qui intègrent des activités participatives et d'éducation relative à l'environnement des nouvelles générations dans ces couvents initiatiques, constituent la base même du succès de la conservation de l'héritage culturel et naturel du continent africain.

ANNEXES

Annexe A : Espèces exotiques

Guide d'entretien semi structurés sur les espèces exotiques

1 Personnes ressources pour les enquêtes _____

2 Accessibilité et informations sur les sites (forêts, villages, zones périphériques) _____

3 Espèces exotiques et améliorées introduites en foresterie et agriculture _____

4 Règlementation et acteurs impliqués dans l'introduction _____

5 Maladies enregistrées après introduction _____

6 Impacts (sur la ressource eau, la biodiversité et les populations) _____

7 Dispositions prises pour réduire les impacts _____

Questionnaires de guide pour les entretiens semi structurés

- 1 Quelles sont les espèces exotiques et améliorées qui ont été introduites dans les aménagements forestiers et agricoles ? Sont-elles réglementées?
- 2 Quelles espèces indigènes utilisez-vous dans les aménagements? Sont-elles moins importantes par rapport aux espèces exotiques ? Pourquoi?
- 3 Existe-t-il des sites de conservation des espèces exotiques et améliorées? Lesquels?
- 4 Quels sont les motifs de leur introduction et quelles sont les institutions impliquées?
- 5 Pouvez-vous citer quelques exemples d'impacts de ces espèces sur la ressource en eau, la biodiversité et les populations?
- 7 Quels types de maladies provoquent ou affectent ces espèces et quelles dispositions sont prises pour faire face aux invasions?
- 8 Ces maladies représentent elles des dangers pour les autres espèces?
- 9 En cas d'apparition de maladie, que faites-vous?
- 10 Peut-on les interdire au profit des espèces indigènes? Comment?
- 11 Comment percevez-vous la participation et la cogestion des bassins et forêts proposée par l'État et ses partenaires de développement?
- 12 Quelles solutions préconisez-vous pour une meilleure conservation des ressources de votre terroir?
- 13 Êtes-vous consultés et impliqués de manière responsable dans les projets?
- 14 Avez-vous bénéficié des projets auxquels vous avez été impliqués?

Annexe B : Aménagement bassin versant*Guide d'entretien dans le bassin du barrage de Tinkisso*

1 Personnes ressources pour les enquêtes _____

2 Accessibilité et informations sur le site (forêts, villages, zones périphériques, activités dans le site) _____

3 Composition des équipes de reconnaissance du site _____

4 Ressources importantes du site et menaces (faune, flores, eau, sols) _____

5 Besoins de protection du bassin (forêt, sols, plaines, pâture, feux de brousse, chasse, cueillette, pêche,) _____

6 Gestion des conflits _____

7 Cogestion du site avec l'État et ses partenaires (perceptions) _____

8 Stratégies endogènes de conservation à proposer _____

Questionnaires de guide pour les entretiens semi structurés

- 1 Quelle est la situation des espèces animales et végétales dont dépend le plus la population riveraine dans le site (alimentaires, médicinales et autres)?
- 2 Y a-t-il des espèces menacées et pourquoi? Comment étaient-elles avant?
- 3 Y a-t-il des non résidents qui utilisent les ressources du bassin et lesquels?
- 4 Le bétail est-il menacé par la faune et le vol dans les galeries forestières et quelles solutions préconisez-vous pour sa fixation? Existe-t-il des ressources fourragères et autres produits naturels qui permettent d'atteindre cet objectif?
- 5 Pourquoi le commerce des argiles et quels sont leurs usages? Leur consommation présente-t-elle des risques de santé?
- 6 Pourquoi les autochtones ont-ils perdu le contrôle des certaines mares et forêts sacrées et quelles techniques utilisent-ils pour les protéger? Les confréries traditionnelles continuent-elles à jouer leur rôle dans la protection des ressources naturelles des territoires villageois? Leur formation continue-t-elle dans les sites sacrés? Quelles difficultés connaissent ces structures dans la conservation des ressources?
- 7 Doit-il y avoir des compromis pour réaliser les buts de la conservation des ressources en particulier avec l'État et ses partenaires?
- 8 Quelles espèces de la flore considérez-vous importantes pour le reboisement du bassin et de sa forêt humide?
- 9 Quelles sont les maladies endémiques, les moyens de lutte et les menaces qui pèsent sur ces espèces dans le site?
- 10 Quels produits utilisez-vous pour purifier votre eau de boisson?
- 11 Quelles stratégies proposez-vous pour une auto ou cogestion du bassin?
- 12 La restitution du pouvoir et des ressources des terroirs villageois aux structures traditionnelles, pourrait-elle favoriser cette auto ou cogestion?
- 13 Quelles impressions avez-vous des organisations d'aide au développement?
- 14 Êtes-vous consultés et impliqués de manière responsable dans les projets?
- 15 Avez-vous bénéficié des projets auxquels vous avez été impliqués?

BIBLIOGRAPHIE

- Abdulkarim, S. M. Long, K., Lai, O. M., Muhammad, S. K. S., Ghazali, H. M. 2005 Somme physicochemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent aqueous enzymatic method, Food Chemistry 93, 253-263.
- Abramovitz, J., 1996 Imperilled waters, impoverished future: The decline of freshwater ecosystems. Washington, D. C., World watch Institute, Mar, 5-66.
- Ademiluyi, J. O., 1988 Sludge conditioning with *Moringa* seeds, Environmental International, Vol. 14, 59-63.
- Ademiluyi, J. O. et Eze, R. M., 1990 Sludge conditioning with *Moringa* seeds Environmental management, 14, (1): 125-129.
- Agrawal, A., 2002 Classification des savoirs autochtones : la dimension politique, Revue Internationale des Sciences sociales, Les savoirs autochtones, n° 173, 325-336.
- Akré, C., 2006 Les relations société-nature à la lumière d'un sacrifice. Mémoire locale du développement et pratiques rizicoles en pays Baga (Guinée), *ethnographiques.org*, Numéro 10 juin 2006 [en ligne]. <http://www.ethnographiques.org/2006/Akre.html> (consulté le 25/8/2006).
- Allaoui, K., 1998 Long-term finance for water projects: The IDB's approach, Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, Mar, p.7.
- Allred, B. J., Bigham, J. M., Brown, G. O., 2007 The impact of clay mineralogy on nitrate mobility under unsaturated flow conditions, Vadose Zone Journal 6 (2): 221-232.
- Alphandéry, P., Fortier, A., 2005 Les savoirs locaux dans les dispositifs de gestion de la nature en France, Biodiversité et savoirs naturalistes locaux en France, CIRAD, IDDRI, IFB, INRA Local knowledge in nature management schemes, Biodiversity and local ecological knowledge in France, CIRAD, IDDRI, IFB, INRA (version anglaise), In Fortier, 2005, 1-10.
- Alsamawi, A. A., Shokralla, E. M., 1996 Investigation into an indigenous natural coagulant. J. Environmental Sci. Health, 31, 1881-1897.
- Amadé, B., 1996 Les relations de parenté à plaisanterie : élément des mécanismes de régulation sociale et principe de résolution des conflits sociaux au Burkina Faso, in R. Otayek, F.-M. Sawadogo, J.-P. Guingané dir. *Le Burkina entre révolution et démocratie* (1983-1993), Karthala, 101-116.

- Anon, 1996 Ethno veterinary medicine in Kenya: A field manual of traditional animal health care practices. Nairobi: Intermediate Technology Development Group and International Institute of rural Reconstruction, 1-226.
- APHA, AWWA et WEF. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19^e éd., Washington, D.C. : U.S. Government Printing Office, pages multiples.
- Aron, S. et Alii, 1993 La science sauvage. Des savoirs populaires aux ethnosciences. Paris, Éditions du Seuil, 212.
- Assogba, Y., 2003 L'autre mondialisation, le développement et l'économie populaire en Afrique. In *Économie et Solidarités*, Hors série, Sainte-Foy (Québec), Presses de l'Université du Québec, 151-165.
- Astier, M. A., Ursula B. et Lenore, 1998 Procédures d'évaluation Sanitaire: Approches et Méthodes pour l'évaluation des pratiques d'hygiène relatives à l'eau et à l'assainissement, ODA International Nutrition. London School of Hygiene and Tropical Medicine UNICEF, consulté le 25/08/2007, [en ligne], www.unu.edu/unupress/f00d2/uini12f/uin12f00.htm, 7-9.
- Bâ, A. S., 1994 L'art vétérinaire et la pharmacopée traditionnelle. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 13 (20), 373-396.
- Bagalwa, M., Baluku B., 1999 Isolation and semi-purification of active principles of molluscicidal plants growing in eastern Democratic Republic of Congo, African stud. Monogr. (soumis), 10.
- Baines, G., 1992 Traditional environmental knowledge from the Marovo area of the Solomon Islands, In Johnson, M. (DIR.), Lore: capturing traditional environmental knowledge, Ottawa (ON, Canada), Centre de recherche pour le développement international, 91-110.
- Balirwa J.S., Chapman C.A., Chapman L.J., Lauren J., Ian G., Cowx, Kim Geheb, Les Kaufman, Rosemary H. Lowe-McConnell, Ole Seehausen, Jan H. Wanink, Robin L. Welcomme, et Frans Witte, 2003 Biodiversity and fishery sustainability in the Lake Victoria Basin: An unexpected marriage? Bioscience (53) n° 8, 703-715.
- Baluku, B., 1987 Contribution à l'étude des hôtes intermédiaires des bilharzioses: écologie des mollusques dans deux cours d'eau du Zaïre oriental. Thèse doct. Université Libre de Bruxelles, 437.
- Bamba, D., Bessière, J. M., Marion, C., Pélissier, Y. et Fourasté, I., 1993. Essential oil of *Eupatorium odoratum*, *Planta Médica*, 59, 184-185.

- Barry, A. K., Koulemou, S., Sow A. A. et Boiro, I., 2000 Évaluation de la qualité des eaux de forages et leur contamination bactériologique dans les ménages en République de Guinée, *Le bulletin de l'environnement, Revue semestrielle de recherche en environnement* n° 01, 26-41.
- Barthélémy, C., 2005 Les savoirs locaux entre connaissances et reconnaissance, *Vertigo La revue en sciences de l'environnement*, Vertigo n° 1, vol 6, 2005, 11.
- Basch, P. F., 1990 Textbook of international health. New York, Oxford University Press, 423.
- Basch, C. E., 1987 Focus group interviews: an underutilised research technique for theory and practice in health education, *Health Education Quarterly* 14, 4;411-448.
- Basilevskaia, V., 1969 Plantes médicinales de Guinée, Presse universitaire Conakry République de Guinée, 270.
- Bawa, K. S., Dayanandan, S., 1998 Causes of tropical deforestation and institutional constraints to conservation, In: Goldsmith FB (ed.) *Tropical rain forest: A wider perspective*. Chapman and Hall, London, 175.
- Beckstead, J., Parker, I. M., 2003 Invasiveness of *Ammophila arenaria*: release from soil-borne pathogens? *Ecology* (84), 2824-2831.
- Berkes F., 1993 Traditional ecological knowledge in perspective, dans J. Inglis (dir), éd. *Traditional ecological knowledge : concepts and cases*, Centre de recherche pour le développement international, Ottawa (Ontario), Canada, 1-9.
- Bernard, A., 1988 La recherche participative au CRDI. Document de travail, Ottawa : Centre de recherches pour le développement international, In Gélinau, 2002, 1-6.
- Bertrand, A., 1992 L'organisation sociale pour la destruction des forêts : le cas de la Guinée Bissau. Arbres, forêts et communautés rurales, *Bulletin numéro 2*, 35-51.
- Bhole, A. G., 1995 Relative evaluation of few natural coagulants. *J. Water Supply Res. Technol.* 44, 284-290.
- Bhole, A. G., 1987 Performance studies of a few natural coagulants, *Journal of the IWWA*. Vol. XIX, n° 3, 205-209.
- Binkley, D., Ryan, M. G. et Stape, J. L., 2004 Eucalyptus production and the supply, use and the efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil, *Forest ecology and management* 193, 17-31.
- Blais, J. F., Salvano E., Hammy F. et Mercier, G., 2002 Comparaison des adsorbants naturels pour la récupération du plomb lors de la décontamination de chaux usées d'incinérateur de déchets municipaux. *J. Environ. Eng. Sci.*, n° 1, 265-273.

- Blanc-Pamard, C., 1990 Lecture du paysage, une proposition méthodologique. La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest, éditions ORSTOM, 269-280.
- Bouchafra, A., 1982 Contribution à l'étude de la productivité et du comportement du *Pinus radiata* dans la région de Chaouen, Mémoire de 3^e cycle Agronomie, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, 116.
- Bowman, J., 1994 Water is best': Would Pindar still think so? In: Cartledge, B., ed. Health and the environment: The Linacre lectures 1992-3. Oxford, Oxford University Press, 11, 85-125.
- Bracht, N. and Gleason, J., 1990 Strategies and structures for citizen partnerships, In N. Bracht (dir.), *Health promotion at the community level*. Newbury Park (CA), Sage, 109-124.
- Bradley, D., 1994 Health, environment, and tropical development, In: Cartledge, B., ed. Health and the environment: The Linacre lectures 1992-3. Oxford, Oxford University Press, 126-149.
- Broohm O. N., 2004 De la gestion traditionnelle à la gestion moderne des conflits : repenser les pratiques africaines. Revue Négro-africaine de littérature et de philosophie. Éthiopiennes n° 72. Literature, philosophie, art et conflits, 8.
- Bunzi, K., Schmidt, W. And Sansoni, B., 1976 Kinetics of ion exchange in soil organic matter IV Adsorption and desorption of Pb, Cu, Cd, Zn and Ca, by peat, in Journal of Soil Science, 27, 32-41.
- Byavu N., Henrard C., Dubois M., Malaisse F., 2000 Phytothérapie traditionnelle des bovins dans les élevages de la plaine de la Ruzizi, Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 4 (3), 135-156.
- Calder, I., 2000 Impacts de l'utilisation des terres sur les ressources en eau. Acte de l'atelier électronique organisé par la Division de la mise en valeur des terres et des eaux de la FAO 18 septembre au 27 octobre 2000. Bulletin des Terres et des Eaux de la FAO n° 9, 102, Rome.
- Callaway, R. M., Ridenour, W. M., 2004 Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and Environment* (2), 436-443.
- Callaway, R. M., T. H. DeLuca, Belliveau, W. M., 1999 Biological-control herbivores may increase competitive ability of the noxious weed *Centaurea maculosa*. *Ecology* (80), 1196-1201.
- Camara, S., 1992 Gens de la parole. Essai sur la condition et le rôle des griots dans la société malinké, A. C. C. T., Édit. Karthala, Paris, 375.

- Carrière, M., 1994. Plantes de Guinée à l'usage des éleveurs et des vétérinaires. Centre de Coopération Internationale en recherche agronomique et de médecine vétérinaire, Ministère de la coopération, CIRAD-EMVT, France, 236.
- Castri, F. (di), 1990 On invading species and invaded ecosystems: the interplay of historical chance and biological necessity, In F. Castri (di), A. J. Hansen et M. Debussche; *Monographicae biologicae*, Biological invasions in Europe and the Mediterranean basin. Kluwer Academic Publishers, 65, 3-16.
- Catterson, T. M., Thiam, B., Diakité, D., Ham, R., 2001 Étude d'impact environnemental programmatique de cogestion des forêts classées de Guinée. Préparée par USAID/Guinée, 176.
- Caubel-Forget, V., Grimaldi C., Rouault, F., 2001. Contrasted dynamics of nitrate and chloride in groundwater submitted to the influence of a hedge. *Earth and Planetary Sciences* 332, 107-113.
- Chambers, R., 1994 Participatory Rural Appraisal (PRA): Challenges, potentials, and paradigm. *World Development*, 22(10), 17-23.
- Chaudhri, R. D., 1996. Herbal Drug Industry: a Practical Approach to Industrial Pharmacognosy. New Delhi: Eastern Publishers, 58.
- Chen, Y-M, Li, C-W, Chen, S-S., 2005 Fluidized zero valent iron reaction for nitrate removal, *Chemosphere* 59, 753-759.
- Cheng, I. F., Muftikian, R., Fernando, Q., Korte, N., 1997 Reduction of nitrate to ammonia by zero valent iron *Chemosphere* 35, 2689-2695.
- Chifundera, K., Baluku B., Mashimango B., 1993 Phytochemical screening and molluscicidal potency of some Zairean medical plants. *Pharmacological Research*, 28,333-340.
- Chinemana F., Drummond R. B., Mavis S. I., 1985 Indigenous plant remedies in Zimbabwe, *J. Ethnopharm.* 14, 159-172.
- Chittka Schurkens, L. S., 2001 Successful invasion of a floral market, *Nature* (411), 653.
- Choe, S., Chang, Y-Y., Hang, K-Y., Khim, J., 2000 Kinetics of reductive denitrification by nanoscale zero valent iron. *Chosphere* 41, 1307-1311.
- Clavreul, J. Y., 2003 The windows of the elderly water and termite hills. In: Graaf, S. de (ed). *Water stories*, Delft, Pays Bas, Centre International de l'Eau et de l'Assainissement IRC., 116.
- Couillard, D., 1994 The use of peat in wastewater treatment, in *Water Research*, 28 (6), 1261-1274.

- Courouble, M., 1999 CAMPFIRE, ou l'option communautaire. In canopée n° 13 d'après un article rédigé par CAMPFIRE et Africa Ressources Trust (ART), 12-13.
- CRDI, 2002 L'EAU : Gérer localement, CRDI, ISBN 0-88936-997, 680.
- Damasio, A. R., 1995 L'erreur de Descartes. La raison des émotions Édition Odile Jacob, Paris in Ogandaga (Anonyme), 32.
- Davidson, J., Myers D. et Chakraborty, M., 1992 No time to waste: Poverty and the global environment. Oxford, Oxfam, 217.
- Dawson, S., Manderson, L. et Tallo, V., 1993 Le manuel des groupes focaux, Boston, 102.
- Degrémont, 1979 Water Treatment Handbook. Willy, London, 1500.
- Dejongh, J., Nordin-Andersson, M. Ploeger, B. A. et Forsby, A., 1999 Estimation of systemic toxicity of acrylamide by integration of in vitro toxicity data with kinetic simulation. Toxicology and Applied Pharmacology, 158, 261- 268.
- Delorme, N., 1998 Aménagement forestier en Guinée. Étude de cas. Serie FORAFRI document 6, CIRAD-Forêt. Centre International de Coopération en recherche Agronomique pour le Développement, France, 222.
- Denzin, N. K., 1978 The research Act: A theoretical introduction to the sociological methods, New York. McGraw Hill, 28.
- Dérédec, A., F. Courchamp, 2003 Extinction thresholds in host parasite dynamics. Annales Zoologici Fennici (40): 115-130.
- Deslauriers, J. P., 1991 Recherche qualitative, guide pratique. McGraw-Hill, Éditeurs, 425 p.
- De Villiers, M., 2002 Développement durable et ressources hydriques en Afrique Subsaharienne, ISUM, vol. 3 n° 2 automne, ISSN 1492-0611, 1-9.
- Diallo, D.; Keita, D., 1995 Un système paysan de classement des sols de la zone agro écologique du Djitoumou, Mali, Cahiers Agricultures, 4 : 371- 375.
- Diawara, D., 2003 La gestion des forêts tropicales secondaires en Afrique: Réalité et perspectives. Rapport national de la République de Guinée. Atelier FAO/ec Inv/gtz sur la gestion des forêts tropicales secondaires en Afrique: Réalité et perspectives. Douala, Cameroun, 17 – 21 novembre, 1-13.
- Diaz, A., Rincon, N., Escorihuela, A., Fernandez, N., Chacin, E. et Forster, C. F., 1999 A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela, Process Biochemistry 35, 391-395.

- Dieterlen, G., 1941 Les âmes des Dogons. Travaux et Mémoires de l'Institut d'Ethnologie 40, Paris.
- Dilek, F. B. et Bese, S., 2001 Treatment of pulping effluents by using alum and clay colour removal and sludge characteristics. ISSN 0378-4738 Water SA, 27, (3) 361-366.
- Djongang, O., 2004 Actes du séminaire « Étapes de recherches en paysage », N° 6, École nationale supérieure du paysage, Versailles, 19-29.
- Donaldson, S. G. 1997 Flood-borne Noxious Weeds: Impacts on Riparian Areas and Wetlands. In: Symposium Proceedings of the California Exotic Pest Plant Council., 1-10.
- Donn, M. J. and Menzies, N. W., 2005 Simulated rainwater effects on anion exchange capacity and nitrate retention in ferrosols. Austr J. Soil Res., 43, 33-42.
- Donn, M. J., Menzies, N. W. Rasiah, V., 2004 Chemical characterization of deep profile ferrosols under sugarcane in wet tropical north Queensland. Austr J. Soil Res., 42, 69-77.
- Dorsch, M. M. K. R., Scragg, A. J., McMichael, P. A., Baghurst et Dyer K. F., 1984 Congenital malformation and maternal drinking water supply in rural South Australia : a case-control study. J. Epidemiol., N°119, 473-485.
- Dupré, G., 1991 Savoir paysan et développement, Paris, Éditions Karthala-ORSTOM, 600.
- Duval, J. 1993 Utilisation de la bentonite et autres argiles en alimentation animale. Agro-bio-370-03, 1-13 [http://eap.mcgill.ca/AgroBio/ab_head.htm] 2005-02-17.
- Edgar F, B., 1997 Stratégie pour le renforcement de l'aménagement des bassins versants de montagne en zone tropicale. XIe Congrès Forestier Mondial du 13 au 22 Octobre 1997, Antalya, Turquie, Volume 2, thème 9.
- Ehrenfeld, J. G., 2003 Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. Ecosystems (6), 503-523.
- El-Said, F., Safowora, E. A., Malcolm, S. A. et Hoffer, A., 1969 An investigation into the efficacy of *Ocimum gratissimum* as used in Nigeria native medicine. Planta Medica, 17 2^e série, 195.
- Emelko, M. B., 2003 Removal of variable and inactivated *Cryptosporidium* by dual and tri-media filtration, Water Res. 37, 2998-3008.

- Emery A., R., 1997 Guidelines for environmental assessments and traditional knowledge, Agence canadienne de développement international, Environnement Canada, Alan R. Emery & Associates, Ottawa (Ontario), Canada, Rapport du centre des connaissances traditionnelles au conseil mondial des peuples indigènes, document prototype, 109.
- EPA United States Environmental Protection Agency, 1989 National primary and secondary drinking water regulations; Proposed rule, In Federal Register Part II (40 CFR Parts 141, 142 and 143, May), 3526-3597.
- ES, (European Schoolbooks), 1994 The battle for water: Earth's most precious resource. Cheltenham, United Kingdom, ES, 1-16.
- Faby J. A. et Eleli A., 1993 Utilisation de la graine de *Moringa*, essais de floculation au laboratoire et en vraie grandeur. CIEH/EIER/Oieau, Série hydraulique urbaine et assainissement, 1993, 132.
- Facon B, Genton B. J, Shykoff J. A, Jarne P, Estoup A, P David. 2006. A general eco-evolutionary framework for understanding bioinvasions, Trends Ecol. Evol. 21:130-135.
- Fall, A. S., L. Favreau et G. Larose, 2004 Altermondialisation, développement et démocratie : la contribution des organisations de coopération internationale (OCI), CRDC, Cahier n° 10, Université du Québec en Outaouais, 385.
- Falls, V., 2003 14^e Assemblée générale et symposium scientifique de l'ICOMOS (International Council on Monuments and Sites). La mémoire des lieux : préserver le sens et les valeurs immatérielles des monuments et des sites. Zimbabwe du 27 au 31 octobre 2003, 1-5.
- FAO (Food and Agricultural Organisation) 2002 Evaluation des ressources forestières mondiales 2000, Rapport principal, Rome, 421.
- FAO, 2001 State of the world's forests Executive summary, FAO, 4.
- FAO 1973 Etablissement d'un centre forestier de formation professionnelle et de démonstration - Rapport sur les résultats, conclusions et recommandations du projet FO: DP/GUI/64/503 - Rapport terminal – Rome, 67.
- Fay C., 1995 Car nous ne faisons qu'un. Identité, équivalences, homologues au Maasina (Mali). Cah. Sci. Hum., 31 (2) : 427-456.
- FEM et PNUE, 2005 Demande de financement au Fond pour l'Environnement Mondial, Projet de gestion intégrée des ressources naturelles du massif du Foutah Djallon, Op. n° 15, FEM/PNUE Nairobi, 121.

- Fenn, P., Leng, R. A., 1990 The effect of bentonite supplementation on ruminal protozoa density and wool growth in sheep either fed roughage based diets or grazing. *Australian Journal of Agricultural Research*, 41, 167-174.
- Fletcher P., Sposito G., 1989 The chemical modeling of clay/electrolyte interactions for montmorillonite, *Clay Minerals* 24, 375-391.
- Foidl, N., Makkar, H. P. S. et Becker K., 2002 Potentiel du *Moringa oleifera* pour les besoins agricoles et industriels. In potentiel de développement pour les produits du *Moringa* : Actes de l'atelier international de Dar Es Salam 29 Oct.-2 nov.), sous la dir. De Saint Sauveur, Appora, Bese et Fuglie, Montpellier (France), 1-4.
- Foidl, N., Mayorga, L. and Vásquez, W., 1999 Utilización del Marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para el ganado. Conf. Electrónica de la FAO sobre Agrofor. para la Produccion Animal. en América Latina. FAO, consulté le 2/05/2006, [en ligne], www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm.
- Folkard, G., Sutherland, J. et Al-Khalili, R. S., 2002, La clarification de l'eau par coagulation en utilisant les graines du *Moringa oleifera*. In: L. Fuglie, 2002. L'arbre de la vie, les multiples usages du *Moringa*. CWS/CTA, Dakar, Sénégal, 79-82.
- Folkard, G., 1997 The development of the *Moringa oleifera* and *stenopetala* tree to provide valuable products: coagulant for water/ wastewater treatment and vegetable oil, Rapport à la Commission Européenne, projet de recherche n° TS3 CT94-0309, période, 1995-1997.
- Folkard, G., Sutherland, J., 1992 Development of robust water treatment systems incorporating natural coagulants. Field study report, January-March 1992, 16.
- Fortier, A., 2005 Des savoirs locaux insaisissables ? L'exemple de la tanderie aux grives en Ardenne *Vertigo – La revue en sciences de l'environnement*, Vol 6 n° 3, 10, décembre.
- Friedberg C. 1997 Diversité, ordre et unité du vivant dans les savoirs populaires, *Natures, Sciences, Sociétés* Vol 5, n° 1, 5-17.
- Fryer, G., 1960 Concerning the proposed introduction of Nile perch into Lake Victoria. *East African Agricultural Journal* 25, 267-270.
- Gami, N., 2003 Le sanctuaire des gorilles de Lossi (Congo). Les leçons d'une démarche participative, Série FORAFRI (Projet de capitalisation et transfert des résultats de recherches menées dans les forêts denses humides d'Afrique), 1-88.
- Ganjidoust, H., Tatsumi, K., Yamagishi, T., Gholian, R. N., 1997 Effect of synthetic and natural coagulant on lignin removal from pulp and paper wastewater, *Water Science Technology*, n° 35, 286-291.

- Gardner, R. and Blackburn, R., 1996 People OMS move: New reproductive health focus. Population Reports, Series J, n° 45, Baltimore, Johns Hopkins School of Public Health, Population Information Program, 1-28.
- Gardner-Outlaw, T. and Engleman, R., 1997 Sustaining water, easing scarcity: A second update. Washington, D.C., Population Action International, 2-19.
- Gassenschmidt U., Jany, K. K. Tauscher, B., Niebergall, H., 1995 Isolation and characterization of a flocculation protein from *Moringa oleifera* Lam. BBA Biochemica et Biophysica Acta 1243, 477-481.
- Gautier, B., 1993 Recherche Sociale 2^e édition. De la problématique à la collecte des données, Presses de l'Université du Québec, 263-285.
- Gauthier, M., 1998 Participation du public à l'évaluation environnementale: une analyse comparative d'études de cas de médiation environnementale. Thèse de doctorat en études urbaines, Montréal, Université du Québec à Montréal, 317.
- Gélineau, L., 2002 La recherche participative : un nouveau lieu de dialogue interdisciplinaire. Document de travail, Ottawa : Centre de recherches pour le développement international, CRDI, 6.
- Genton, B., 2005 Intérêt d'une approche évolutive pour l'étude des invasions biologiques: invasion d'*Ambrosia artemisiifolia* dans la vallée du Rhône. Thèse de doctorat de l'ENGREF: Spécialité sciences de l'environnement. École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, 104.
- Gérard R., 1979 La violence et le sacré. Grasset, Paris, 359.
- Geslin, P., 2006 La mise à l'épreuve: connaissances médiatrices et objets intermédiaires dans les relations société-nature. Un point de vu anthropologique, in : Geslin, P. et al. La mise à l'épreuve. Le transfert des connaissances scientifiques en questions, Toulouse, Octarès Éditions, consulté le 21/05/06, [en ligne], <http://www.ethnographiques.org/2006/Akre.html>.
- Ghosh, M., Amirtharajah, A. and Avner, A., 1994 Particle distribution for ternary treatment of municipal wastewater by filtration, Water Quality International 94 IAWQ 17th Biennial International Conference, Budapest, Hungary.
- Girard, P., Hillaire-Marcel, C., 1997 Determining the source of nitrate pollution in the Niger discontinuous aquifers using the natural ¹⁵N/¹⁴N ratios. Journal of Hydrology, 199 (1997), 239-251.
- Giroux, I., 2003, Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre : Campagne d'échantillonnage de 1999-2000-2001, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 1-23.

- Gleick, P., 1996. Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *International Water* 21 (2), 83-92.
- Gleick, P., 1993a An introduction to global fresh water issues. In: Gleick, P., ed. *Water in crisis*. New York, Oxford University Press, 3-12.
- Gleick, P., 1993b Water and conflict: Fresh water resources and international security. *International Security* 18(1): 79-112, Summer.
- Goh, C. W., 2005 Effect of room temperature on coagulation performance of *Moringa oleifera* seeds. B. Sc. Dissertation, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, 1-5.
- Goodchild, A., V. et McMeniman, N. P., 1994 Intake and digestibility of low quality roughages when supplemented with leguminous browse *J. Agric. Sci.* 122, 151-160.
- Grabow, W., Slabbert, J. L., Morgan, W. S. G. et Jahn S. A. A., 1985 Toxicity and mutagenicity evaluation of water coagulated with *Moringa oleifera* seed preparations using fish, protozoan, bacterial, coliphage, enzyme and Ames Salmonella assays. *Water SA*, 11 (1), 9-14.
- Grenier L. 1998 Connaissances indigènes et recherche. Un guide à l'intention des chercheurs. Ottawa (Canada): IDRC Editions, p. 120.
- Griaule, M., 1963 Les Masques Dogons. *Travaux et Mémoires de l'Institut d'Ethnologie*, t. XXXIII, Paris, 896.
- Griaule, M., 1957 Le symbolisme cosmique des monuments religieux. Roma. Is. M.E.O. in Ghislain (Anonym), 1-32.
- Griaule, M., et Dieterlen, G., 1950 *Un système soudanais de Sirius*, *Journal de la société des africanistes*. Tome 20, fascicule 2, 274.
- Groupe Scientifique sur l'eau, 2003 Nitrates et nitrites, Dans les fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut National de Santé Publique du Québec, 12.
- Guinée, PNUD et FEM (Fond pour l'Environnement Mondial), 2004 Identification des besoins en renforcement des capacités pour la mise en œuvre de la stratégie nationale de conservation et d'utilisation de la diversité biologique, Guinée/PNUD/FEM, juillet, 84.
- Harvatopoulos, Y., Y. F. Livian and P. Samin, 1989 *L'art de l'enquête : guide pratique*. Paris (France), 137.

- Hierro, J. L., R. M. Callaway, 2003 Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil* (256), 29-39.
- Hill, A. R., 1996 Nitrate removal in stream riparian zones. *J. Environ. Qual.* 25, 743-755.
- Holmes B., 1997 Don't ignore nature's bottom line. *New Scientist*, May 17, 11.
- Houngnihin, R. A., 2005 Les mécanismes endogènes dans la problématique de l'environnement à Covè (Bénin). Communication présentée à la 11e Assemblée Générale du Conseil pour le développement de la recherche en sciences sociales en Afrique (CODESRIA) sur le thème « Repenser le développement africain: au-delà de l'impasse, les alternatives », Maputo, Mozambique du 6 au 10 décembre 2005, 1-18.
- Houngnihin, R., A., 1998 Savoirs endogènes et protection de l'environnement au Bénin. Bulletin du PACIPE (Programme régionale d'assistance à la communication et à l'information sur la protection de l'environnement) n° 9, 28.
- Howarth, F. G., 1983, Classical biological control: panacea or Pandora's Box? *Proc. Hawaiian, Entomol. Soc.* 24, 239-244.
- Huang, C-P., Wang, H-W., Chiu, P-C., 1998 Nitrate reduction by metallic iron, *Water Res.* 32 (8), 2257-2264.
- Huang, Y. H., Zhang, T., C., 2004 Effect of pH on nitrate reduction by iron powder, *Water research* 38, 2631-2642.
- Hudelson, P. M., 1994 Qualitative research for health programmes Geneva; World Health Organization, Division of Mental Health, WHO/MNH/PSF/9 in Qualitative research for health programmes. Geneva: World Health Organisation, Division of Mental Health, WHO/MNH/P5f/94.3, 39.
- Hunter, J. M., Rey, L., Chu, K. Y., Adekolu-John, E. O. and Mott K. E., 1993 Parasitic diseases in water resources development: The need for intersectoral negotiation. Geneva, World Health Organization, 152.
- Hyun, S, Linda, S., P. Suresh et C., Rao, 2003 Significance of anion exchange in pentachlorophenol sorption by variable charge soil, *J. Environ. Qual.* 32, 966-976.
- Ibo J., 2005 Contribution des organisations non gouvernementales écologistes à l'aménagement des forêts sacrées en Côte D'ivoire : l'expérience de la croix verte. *La revue en science de l'environnement Vertigo* vol. 6 n° 1, 38.
- Inya-Agha, S. I., Oguntimein, B. O., Sofowora, A. et Benjamin, T. V., 1987 *International journal of Crude Drug Research*, 25 (1), 49.

- Jaeger, G., 1985 Le point de vue du médecin, In Conac, G., Savonnet-Guyot C., Conac F., Les politiques de l'eau en Afrique, Ed. Economica, Paris, 233-238.
- Jahn, S. A. A. 2001 Drinking water from Chinese rivers: challenge of clarification. Journal of water supply: Research and Technology-AQUA 50.1, 15-27.
- Jahn, S. A. A., 1989a Synopsis on natural coagulants for water treatment. In: Proceedings of international seminar on the use of natural coagulants for water treatment, Yogyakarta, 2-7 October 1989, Indonesia, 1-25.
- Jahn, S. A. A., 1989b Différents rôles des coagulants naturels dans la clarification de l'eau, dans les technologies appropriées à usage domestique et dans les installations communales d'épuration, In Proceedings of international seminar on the use of natural coagulants for water treatment, Yogyakarta, 2-7 October 1989, Indonesia, 1-11.
- Jahn, S. A. A., 1988a Using *Moringa oleifera* Lam. seeds as coagulant in developing countries Journal of the American Water Works Association, vol. 6, n° 80, 43-50.
- Jahn, S. A. A., 1988b Chemotaxonomy of flocculating plant materials and their application for rural water purification in developing countries. Acta Univ. Ups. Symb. Bot. Ups. XXVIII (3): 171-185. Uppsala, ISBN 91-554-2348-5.
- Jahn, S. A. A., 1984 Effectiveness of traditional flocculants as primary coagulants and coagulant aids for the treatment of tropical raw water with more than a thousand-fold fluctuation in turbidity. Documento presentado en la 15ª Conf. Int. de la Asociación Internacional de Distribución del Agua, Monastir, Túnez, oct. de 1984; publicado en Water Supply, 2 (3/4).
- Jahn, S. A. A., 1981 Traditional water purification in tropical developing countries: Existing methods and potential application, GTZ, Schriftenreihe n° 117, 483.
- Jahn, S. A. A. et Dirar, H., 1979 Studies on natural water coagulation in the Sudan with special reference to *Moringa oleifera* seeds. Water SA vol. 5 N° 2, 90-97.
- Jahn, S. A. A., nd Méthodes de recherche ciblée de clarifiants végétaux à l'aide de la taxinomie, de la chimie et de la physico-chimie. GTZ, 9.
- Javelle, A., Kalaora, B. et Decocq, G., 2006 Les aspects sociaux d'une invasion biologique en forêt domaniale de Compiègne: la construction sociale de *Prunus serotina*, Natures Sciences Sociétés 14, 278-285.

- Julian, F., Giroux, B. and Maze, M. 1994 Comparaison de l'élimination de molécules organiques par coagulation floculation et par adsorption sur floes d'hydroxyde métallique preformes : Comparison of organic compounds removal by coagulation-flocculation and by adsorption onto preformed hydroxide floes. *Water Research*, Volume 28, Issue 12, December, 2567-2574.
- Juma C., 1998. The CBD and the biological diversity of inland waters, Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, Mar., 1-4.
- Kaboré E., M., 2002 Quelles pratiques et politiques culturelles pour le Burkina Faso aujourd'hui? Mémoire ARSEC/ Université Lumière, Lyon 2, 68.
- Katayon, S., Megat Mohd Noor, M. J., Asm, M., Abdoul Ghani, L. A., Thamer, A. M., Azni, I., Khor, B. C., Suleyman, A. M., 2005 Effect of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation, *Bioresource Technology* volume 97 (13), 1455-1460.
- Katerere, Y., 1983: Insect pests of pine plantations in the eastern districts of Zimbabwe, 1 Preliminary list Zimbabwe Journal of Agricultural Research, 21, 101-105.
- Kaufman, L., Schwartz, J., 2002 Nile perch population dynamics in Lake Victoria: Implications for management and conservation Pages 257-313 in Ruth M, Lindholm J, eds. *Dynamic Modeling for Marine Conservation*. New York: Springer-Verlag.
- Kawamura, S., 1991 Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment, *Journal of the American Water Works Association*, vol. 10, n° 83, 88-90.
- Kebreab, A., Ghebremichael, K. R. Gunaratna, Hongbin Henriksson, Harry Brumer and Gunnel Dalhammar, 2005 A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seeds. *Water Research*, Volume 39, Issue 11, June, 2338-2344.
- Kedowide, F-C, 2002 Stratégie endogène de gestion de l'eau et des écosystèmes aquatiques dans le sud du Bénin, pp. 79-84 in *Compte rendu de l'atelier de l'UICN. Gouvernance de l'eau: aspects juridiques et institutionnels de la gestion des ressources naturelles en Afrique de l'Ouest*, Ouagadougou, Burkina Faso, 25-25 septembre 2002. Centre de droit de l'environnement de l'UICN, 247.
- Kinjo, T. et Pratt, P. F., 1971 Nitrate adsorption I: in some acid soils of Mexico and South America *Soil Science Society of America proceedings*, 35, 722- 725.
- Kjellen, M. et Mcgranahan G., 1997 *Urban water Towards health and sustainability*. Stockholm, Stockholm Environmental Institute, 1-54.

- Klaus, G., Pauli, D., Martinez, S. et Villiger, M., 2002 Les espèces animales et végétales invasives. Forum Biodiversité Suisse, Hospot, n° 5, 24.
- Klerks, P. L., P. C. Fraleigh, J. E. Lawniczak, 1996 Effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on seston levels and sediment deposition in western Lake Erie. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (53) : 2284-2291.
- Kokou, K., Caballé, G. et Akpagana, K., 1999 Analyse floristique des îlots forestiers du sud du Togo, Acta Botanica Gallica 146 (2), 139-144.
- Kouyaté, S., 2003 Le cousinage à plaisanterie notre héritage commun, Édit. Ganndal, pp. 96.
- Král, V., Rusin, O., Shishkanova, T., Volf, R., Mačjka, P., et Volka, K., 1999 Anion Binding: from supramolecules to sensors. Chem. Listy 93, 546-553.
- Laftouhi, N-E., Vanclooster, M., Jalal, M., Witam, O., Aboufirassi, M., Bahir, M., et Persoons, E., 2003 Pollution par les nitrates des eaux souterraines du bassin d'Essaouira (Maroc).C.R. Géoscience 335, 307-317.
- Lalas, S. and Tsaknis, 2002 Characterization of *Moringa oleifera* Seed Oil variety Periyakulam 1, Journal of Food Composition and Analysis, vol 15, Issue 1, 65-77.
- Larrère, C. et Larrère, R., 1997 Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement, Alto Aubier, Paris, 124.
- Lavergne, C., 2006 Invasion par les plantes exotiques dans une île océanique : impact écologique à la Réunion et valeur patrimoniale des écosystèmes indigènes envahis. Programme de recherche «Invasions biologiques» Colloque de restitution du 17 au 19 octobre 2006, Moliets, Landes, 20-24.
- Levine, J. M., M. Vilà, C. M. D'Antonio, J. S. Dukes, K. Grigulis, S. Lavorel, 2003 Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions, Proceedings of the Royal Society of London B (270), 775-781.
- Lévi-Strauss, C., 1962 La science du concret, in La pensée sauvage, France : Plon, 195.
- Liu, A., Ming, J., Ankumah, O. R., 2005. Nitrate contamination in private wells in rural Alabama, United States. Science of the Total Environment 346, 112-120.
- Logsdon, G. S., Kohne, R., Abel, S., et LaBonde, S., 2002 Slow sand filtration for small water systems, J. Environ. Eng. Sci. 1: 339-348.
- Loreau, M., Baluku, B., 1990 Shade as a means of ecological control of *Biomphalaria pfeifferi*, Ann. Trop. Med. Parasitol, 85, 443-446.

- Louda, S. M., D. Kendall, J. Connor, D. Simberloff 1997 Ecological effects of an insect introduced for the biological control of weeds. *Science* (277), 1088-1090.
- Lowell, J. F. 1999 *Moringa oleifera* natural nutrition for the tropics Dakar Senegal: Chuch World Services In Abdulkarim et al, 2005, 253-263.
- Lowie, R., 1912 Crow social life. *Anthropological Papers of the American Museum of natural History*, New York, 1912, vol. XIX, 204.
- Lund, E. and Jahn, S. A. A., 1980 Water purification with primitive flocculation methods as done in Sudanese villages, Paper presented at the 2nd International Conference on the impact of Viral Diseases on the Developing of African and Middle East Countries, 1-15.
- Mack, R. N., D. Simberloff, W. M., Lonsdale, H. Evans, M. Clout, F. Bazzaz, 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Issues in Ecology* (5), 1-20.
- MacKenzie, R. A., 1991 Bentonite as therapy for lantana camara poisoning of cattle. *Australian Veterinary Journal*, 68(4), 146-148.
- Madsen, M., Schlundt, J., Fadil, E., et Omer, E., 1987 a Effect of water coagulation by seed of *Moringa oleifera* on bacterial concentration *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 90, 101-109.
- Makkar, H. P. S. and Becker, K. 1996 Nutritional value and ant nutritional components of wholw and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves, *Animal Feed Science and Technology*, vol. 63, Issue 1-4, 1, 211-228.
- Makoutode, M., Assani, A. K., Ouendo, E-M., Agueh, V. D. et Diallo, P., 1999 Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand-Popo, *Médecine d'Afrique Noire*, 46 (11), 528-534.
- Mari, N., 2000 Enjeux pour l'Afrique: eau potable pour tous, *Le continental*, l'Afrique en Marche, février, 1-3.
- Mauss, M., 1927-1928 Parenté à plaisanterie, Paris, 1928 In *École pratique des hautes études* (EPHE), section des sciences religieuses, annuaire, 3-21.
- Mayer, R. et Ouellet F, 1991 *Méthodologie de recherche pour les intervenants sociaux* Montréal, Gaétan Morin pp. 314-315.
- Maywald, A., Zeschmar-Lahl, B. et Lahl, U., 1988 Water fit to drink? In: Goldsmith, E. and Hildyard, N., Eds. *The earth report: Monitoring the battle for our environment*. London, Mitchell Beazley, 79-88.

- McVays, K. A., Radcliffe, D. E., West, L. T. and Cabrera, M. L., 2004 Anion exchange in saprolite, *Vadose J.*, Vol. 3, 668-675.
- Meite M., 2004 Les alliances à plaisanteries comme voie. *Revue Négro-africaine de littérature et de philosophie. Éthiopiennes* n° 72, 1-7, Littérature, philosophie, art et conflits.
- Ministère de l'environnement du Québec, 2002, Fiche techniques sur les nitrates-nitrites et *E. coli* dans l'eau potable, consulté en le 13/05/2006, [en ligne], www.menv.gouv.gc.ca/eau/potable/echantillonnage.htm.
- Michelat, G., 1975 Sur l'utilisation de l'entretien non directif en sociologie, *Revue française de sociologie*, XVI, 229-247.
- Mizuta, K., Matsumoto, T., Hatate, Y., Nishihara K et Nakanishi T., 2004 Removal of nitrate-nitrogen from drinking water using bamboo powder charcoal *Bioresource Technology* 95, 255-257.
- Moller, H., Berkes, F., Lyver, P., Kislalioglu, M., 2004 Combining science and traditional ecological knowledge: monitoring populations for co-management, *Ecology and Society*, Vol. 9, Issue 3, consulté le 5/07/2006, [en ligne], <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art2>.
- Muller, R. et Morera, P., 1994 Helminthoses, In: Lankinen, K. S., Berström, S., Mäkelä, P. H., and Peltomaa, M., eds. *Health and disease in developing countries*. London, Macmillan Press, 195-209.
- Mooney, H. A., and Hobbs, R. J. (éds), 2000 *Invasive species in a changing world*, Washington, Island Press, 1-384.
- Muller, R. and Morera, P., 1994 Helminthoses, In: Lankinen, K. S., Berström, S., Mäkelä, P. H., and Peltomaa, M., eds. *Health and disease in developing countries*. London, Macmillan Press, 195-209.
- Murphy, S.T. 1993 Status and impact of invasive conifer aphid pests in southern and eastern Africa, Paper presented at the IUFRO Symposium, Impact of Diseases and Insect Pests in Tropical Forests, 23-26 November 1993, Kerala Forest Research Institute, Kerala, Inde.
- Muyibi, S. A., Evison, L. M., 1996 Coagulation of turbid water and softening of hard water with *Moringa oleifera* seeds. *Int. J. Environ. Stud.* 56, 483-495.
- Muyibi, S. A. Okufu, C. A., 1995. Coagulation of low turbidity surface water with *Moringa oleifera* seeds extract. *Int. J. Environ. Stud.* 48, 263-273.
- Myers, N., Knoll, A. H. 2001 The biotic crisis and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 10, 5389-5392.

- Myers, N., 1994 Global biodiversity 2 Losses. In: Meffe, G. K. and Carroll, C.R. (eds). Principles of Conservation Biology, Sinauer Associates Inc, Sunderland, Massachusetts, 110-140.
- Nations Unies, 2004 Carte provinciale et régionale de la Guinée.
- Ndabigengesere A, Narasiah K. S., Talbot B. G., 1995 Active agents and mechanism of coagulation of turbid water using *Moringa oleifera*, Wat. Res., 29 (2), 703-710.
- Ndiaye, R., 2004 Pluralité ethnique, convergences culturelles et citoyenneté en Afrique de l'Ouest. Enda Tiers Monde, 1-29.
- Njiru, M, Othina A, Cowx I. G., 2002 Lake Victoria invasion by water hyacinth a blessing for Lake Victoria fisheries, in Cowx IG, ed. Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries; Oxford (United Kingdom) : Blackwell Science, 255-264.
- ODI, 2001 Modèle de gestion communautaire de la faune pour la région du Mont Cameroun. Overseas Development Institute (ODI), London, 1-14.
- Ogandaga, G., R., (2008). *Étude de fond sur l'Art africain: Étude sur le sacré*, consulté le 20/05/2005, [en ligne], <http://perso.wanadoo.fr/africart/pages/etude2.htm#sommaire>, 1-32.
- Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., Okada, M., 2001 Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. Water Res. 35, 405-410.
- Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., Okada, M., 1999 Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed Water Res. 33, 3373-3378.
- Okunzua, G. O., 1973. "Leaves are man's servants for all purposes", Traditional Therapy-A Critical Appraisal, Lagos University Press, 50.
- Olivier et Barriere, C., 1997 Le foncier-environnement fondements juridico-institutionnels pour une gestion viable des ressources naturelles renouvelables au Sahel Editions FAO, col. Etudes législatives n°60, Rome, ISBN: 92-5-203931-7 / ISSN: 1020-4369, 119
- Olsen, A., 1987 Low technology water purification by bentonite clay and *Moringa oleifera* seed flocculation as performed in Sudanese villages: effects on Schistoma Mansoni Cercariae. Wat. Res. 21 (5), 517-522.
- Olshansky, S. J., Carnes B., Rogers R. et Smith L., 1997 Infectious diseases-New and ancient threats to world health, Population Bulletin 52 (2): 2-43.
- OMS, 2006 Directives de qualité pour l'eau de boisson de l'OMS, 3^e édition.

- OMS, 2002 Managing in the home: Accelerated health gains from improved water supply, Geneva, OMS/SDE/02.07 Water and Sanitation, consulté le 11/08/2005, [en ligne], <http://OMS.int/water-sanitati.th/documents/WSH0207/wsh0207>, 83.
- OMS, 1997a World Health Organization Health and environment in sustainable development five years after the earth summit Geneva, 19-133.
- OMS, 1997b First countries certified as free of guinea worm disease [press release who/7, jan. 24, 1997], consulté le 11/08/2005, [en ligne], <http://www.who.ch/inf/pr/1997/pr97-07.html>, 1-7.
- OMS et UNICEF, 2004 Atteindre les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) en matière d'eau potable et d'assainissement; Évaluation des progrès à mi-parcours, 1-33.
- Onil, S., 2002 Les risques à la santé associés à l'utilisation des pesticides à des fins esthétiques. Bulletin d'information en santé environnement (BISE), une publication de santé publique du Québec, Vol. 13 n° 2, 1-5.
- ONU, 2002 Rapport du Sommet mondial pour le développement durable, Johannesburg (Afrique du Sud) 26 août-4 septembre 2002, 1-191.
- ONU, 1997a Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world: Report of the Secretary General, New York, 1-39.
- ONU, 1997b United Nations Department for Policy Coordination and Sustainable Development Critical trends Global change and sustainable development, New York, 43-56.
- ONU, 1993 Convention sur la Diversité Biologique conclue à Rio de Janeiro nette le 5 juin 1992 Recueil de textes. Vol. 1760, I-30619, 170-382.
- Orlando, U. S., Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., Okada, M., 2003 Chemical properties of anion-exchangers prepared from waste natural materials, Reactive and Functionnal polymers 55, 311-318.
- Ousterhout, L. E. 1967 The effect of kaolin on the feed efficiency of chickens, Poultry Science, 46:1303.
- Ozacar, M. and Sengil, A. I. A., 1999 Effectiveness of tannins obtained from Valonia as a coagulant aid for dewatering of sludge, Wat. Res. Vol. 34, n° 4, 1407-1412.
- Ozacar, M. And Sengil, I. A., 1997 Spectrophotometric methods for the estimation of tannins in plant tissues, In XI. National Chemistry Congress, Proceedings, Van-Turkey, 10-20 June, 1-502.

- Peace Corps, 1996 Training manual PACA: Participatory Analysis for Community Action. Washington, D. C.: Peace Corps Information and Collection and Exchange, 1-350.
- Pellissier, P., 1980 L'arbre dans le paysage agraire de l'Afrique noire. Arbre en Afrique noire tropicale: la fonction et le signe. Cahiers de l'ORSTOM, série sciences humaines, 27, 131-136.
- Peterjohn, W. T. et Correl D. L., 1984 Nutrient dynamics in an agricultural watersheds: observation on the role of a riparian forest, Ecology 65, 1466-1475.
- Pimentel, D. (éd.), 2002. Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal, and Microbe Species. CRC Press, Boca Raton (Floride), 1-6.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga, D. Morrison, 2000 Environmental and economic costs of non indigenous species in the United States. Biosciences (50), 53-65.
- Placide, S. et Ouedraogo, Y. E., 2006 La Médecine traditionnelle, un défi pour le millénaire : le cas de *Moringa oleifera* ou l'arbre de la vie. Mensuel d'information et de communication en Environnement de l'Institut d'Applications et de Vulgarisation en Sciences, Ouedraogo, Bourkina Faso, 1-10.
- PNUE/GUINÉE, 1996 Monographie nationale sur la biodiversité biologique. Conakry PNUE/GUINÉE. Programme régional d'aménagement des bassins versants du Haut Niger et de la Haute, 1-146.
- PNUE, 1994 Convention sur la biodiversité. Texte et annexes. Secrétariat intérimaire pour la convention sur la diversité biologique. Genève, Suisse, 1-34.
- Potel, A. M., 2002. Les plantes médicinales au Sénégal. Rapport de stage en maîtrise de sciences naturelles, effectué à Nguekokh, Association Wanadoo. Sénégal, 1-35, consulté le 04/03/2005, [en ligne], <http://assoc.wanadoo.fr/senegal.bourbonnais/Anne%20marie.htm>.
- Poupart, J., Deslauriers, J-P., Groulx, L-H., Laperrière, A., Mayer, R. et Pires, A., P., 1997 La recherche qualitative. Enjeux épistémologiques et méthodologiques. Gaëtan Morin éditeur, Chenelière Édition, 405.
- Pousset, J. L., 2004 Plantes médicinales d'Afrique. Comment les reconnaître et les utiliser, Secum-Edisud, 1-287.
- PRB, 1998 (Population Reference Bureau) Word population data sheet, Wallchart, Washington D.C., PRB, 1-8.
- Pruneau, D., Chouinard, O. et Arsenault, C., 1998 The Cap-Pelé model. Alternatives, 24(3), 28-31.

- Qafoku, N. P., and M. E. Sumner, 2002 Adsorption and Desorption of Indifferent Ions in Variable Charge Subsoils: The Possible Effect of Particle Interactions on the Counter-Ion Charge Density, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1231–1239.
- Qafoku, N. P., and M. E. Sumner, 2001 Retention and transport of calcium nitrate in variable charge subsoils, *Soil Sci.* 166: 297–307.
- Rajagopalan, P. K., Das, K. N., Panicker, R., Reuben, R. rayhunatharao, D., Self, L. S., Lines, J. D., 1991. Environmental and Water Management for mosquito control in control of disease in the community. Éd. C. F. Curtis. Wolfe, 121-137.
- Rajcevic, M., 1989 The influence of Ca bentonite on mineral status, milk fat content and hardness of milk fat, *Zbornik Biotehniske Fakultete Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani, Kmetijstvo*, 54, 13-25.
- Ramsar, 2002 Les zones humides: l'eau, la vie et la culture, 8^e Session de la Conférence des Parties contractantes à la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971) Valence, Espagne, 18 au 26 novembre 2002, 1-7.
- Rasiah, V., Armour, J. D., Menzies, N. W., Heiner, D. H., Donn, M. J., Mahendrarajah, S., 2003 Nitrate rétention under sugarcane in wet tropical Queensland deep soil profiles. *Australian journal of Soil Research*, 41, 1145-1161.
- Ratel, R. O., Debrieu, C. 2004 Élimination des nitrates des eaux potables. Document technique Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau (FNDAE) Hors série n°4 Office international de l'eau. SNIDE, 71, consulté le 16/06/2006, [en ligne], www.eau.fndae.fr/documentation/PDF/fndae_hs04bis.PDF.
- Ratel, M. O., 2000 Élimination des nitrates des eaux potables. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, Paris, 71.
- Rebers, P., A. In Wijk-Sijbesm, 1998 Le genre dans la gestion des ressources en eau ; l'approvisionnement en eau et assainissement. *Revue des rôles et réalités*. Centre International de l'eau et de l'Assainissement, ICR, La Haye, 206.
- Reyes, S.N. 2006. *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: Potential Fodder Species for Ruminants in Nicaragua. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2006 ISSN 1652-6880, ISBN 91-576-7050-1
- Robeck, G. G., Dostal, K. A. et Woodward, R. L., 1964 Studies of modification in water filtration *Journal AWWA*, 56 (2), 198-213.
- Roose, E., Kaboré, V., Guenat, C., 1994 Le « zaï », une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées de la région soudano sahélienne (Burkina Faso); communication au Congrès International sur la restauration et la réhabilitation des terres dégradées des zones arides et semi-arides, Tunisie, 1- 4.

- Roué M. et Nakashima D., 2002 Les savoirs « traditionnels » pour évaluer les impacts environnementaux du développement moderne et occidental, *Revue Internationale des Sciences Sociales* n° 173, 376-388.
- Ryan, M. C., Graham, G. R., Rudolph, D. L., 2001 Contrasting nitrate adsorption in Andosols of two coffee plantations in Costa Rica, *Environ Qali*. 30, pp. 1848-1852.
- Sallenave, J., 1994 Giving traditional ecological knowledge its rightful place in environmental impact assessment, *CARC- Northern perspectives*, vol. 22, n° 1.
- Sanghi, R. B. Bhattacharya and V. Singh, 2002 *Cassia angustifolia* seed gum as an effective natural coagulant for decolourisation of dye solutions, *Green Chemistry*, 2002, 4, 252-254.
- Santé Canada, 1992 Le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Documentation à l'appui, consulté le 28/04/2006, [en ligne], www.hc-sc.gc.ca/chp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/nitrate.pdf, 1-12.
- Santé Canada, 2003, Questions et réponses sur les dispositifs de traitement de l'eau de consommation, consulté le 10/05/2006, [en ligne], www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/dpc/eau_qualité/faq_dtep.htm.
- Sanogo, Y., Favreau, L., Gérard Côté. G., et Bah, I., 2005 Capitalisation des expériences de développement local en Guinée Conakry et au Niger, Rapport final. Co-publication de la Chaire de recherche du Canada en développement des collectivités (CRDC) de l'Université du Québec en Outaouais, du Centre canadien d'étude et de coopération internationale (CECI) et du Réseau international pour la promotion de l'économie sociale et solidaire (RIPESS). Série: Rapports de recherche, numéro RR.11 ISBN: 2-89251-263-8 Septembre 2005, 1-125.
- Sanu, Agridea, Skeu et CPS, 2005 Plantes exotiques envahissantes (neophytes) en Suisse: les besoins de groupes d'intéressés issus de la pratique, Rapport de synthèse d'ateliers de travail, 1-23.
- Sarr S., 2000 *L'Afrique, un défi pour l'éducation à la paix*, Conférence à Lomé du 12 avril, 1-13.
- Sarwatt, S. V., Milang'ha, M. S., Lekule, F. P. and Madalla, N., 2004 *Moringa oleifera* and cottonseed cake as supplements for smallholder dairy cows fed Napier grass, *Livest. Res. Rur. Dev.*, 1-6.
- Saulnier, P., 1998 Plantes médicinales et soins en Afrique. Manuel d'utilisation Éditions SÉPIA, 1-128.

- Sauvé, L., Orellana, I., Qualman, S., Dubé, S., 2001 L'éducation relative à l'environnement. École et communauté : une dynamique constructive Copyright 2001, Hurtubise HMH Itée Canada, 175.
- Schindler P. W., Leecfri, P., Westall, J. C. 1987 Adsorption of copper, cadmium and lead from aqueous solution to the kaolinite/water interface, *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35, 219-230.
- Schön, D. A., 1994 Le praticien réflexif. À la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel, Trad. par Heynemand, J. et D. Gagnon, Montréal: Éd. Logiques., Coll. Formation des maîtres (in Gélineau, 2002).
- Scoones, I. and J. Thompson (Eds), 1994 Beyond farmer first, People's knowledge, agricultural research and extension practice. IT Publications, London in Guéye, 1999.
- Serageldin, I., 1995 Toward sustainable management of water resources. Washington, D.C., World Bank, 1-33.
- Sharma, N. P., Damhaug, T., Gilgan-Hunt, E., Grey, D., Okaru, V. et Rothberg, D., 1997 Gestion durable des ressources en eau de l'Afrique. Défis et opportunités. Document technique de la Banque Mondiale numéro 331 F. Série du département technique, Afrique, 148.
- Sharma, D. C. and Forster, C. F., 1993 Removal of Cr (VI) Using sphagnum moss peat, in *Water Research* 27 (7), 1201- 1208.
- Shiklomanov, I. A., 1997 Assessment of water resources and water availability in the world, Stockholm, Stockholm Environmental Institute, 1-88.
- Simberloff, D., Stiling, P., 1996 Risks of species introduced for biological control. *Biological Conservation* (78), 185-192.
- Sina, S., 2006 Reproduction et diversité génétique chez *Parkia biglobosa* (Jacq.) G. Don. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, ISBN 90-8504-361-1, 118.
- Sow, I., 1991 Réflexions sur les injures et les paroles obscènes au Sénégal. *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire*, série B. vol. 46, n° 3-4, 343-378.
- Sposito, G., 1989a Surface reactions in natural aqueous colloidal systems. *Chimia* 43, 169-176.
- Sposito, G., 1989b The chemistry of soil Oxford University Press, New York, 277.
- Spradley, J. P., 1979 The ethnographic Interview. New York: Holt. Rinehart and Winston, 1-58.

- Strahm, B. D. and Harrison, R. B., 2006 Nitrate sorption in a variable-charge forest soil of the Pacific Northwest, *Soil science*, Vol. 171 n° 4, 313- 321.
- Su, C., Puls, R. W., 2004 Nitrate reduction by zero valent iron: effects of formate oxalate, citrate, chloride, sulfate, borate and phosphate. *Environ. Sci. Technol.* 38, 2715-2720.
- Sutherland J. P., Folkard O. K. and Grant W. D., 1989 Seeds of *Moringa* species as naturally occurring flocculants for water treatment, *Science, technology & development*, 94-97.
- Tahiliani, P. and Kar, A. 2000 Role of *Moringa oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats, *Pharmacological Res.* Vol. 41 Issue 3, 319-323.
- Tahiliani, P. et K. Anand, 1999 Role of *Moringa oleifera* Leaf Extract in the Regulation of Thyroid Hormone Status in Adult Male and Female Rats. *Pharmacological Research*, vol. 41, n° 3, 319-323.
- Tahoux Touao, 2002 Contribution au renforcement de la conservation des forêts sacrées en vue de la gestion durable des ressources naturelles : cas de la forêt sacrée de Zaïpobly dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Rapport d'activités, Bureau Régional de l'UNESCO Afrique, 1-17.
- Tamura, H., 2004 Theorization on ion-exchange equilibria : activity of species in 2-D phases, *Journal of colloid and Interface Science*, 279, 1-22.
- Tandia, A. A., E. S. Diop, C. B. Gaye (1999) Pollution par les nitrates des nappes phréatiques sous environnement semi-urbain non assaini : exemple de la nappe de Yeumbeul, Sénégal. *Journal of African Earth Science*, vol. 29, n° 4, 809-822.
- Tyler S. R., 2006 Un focus : La cogestion des ressources naturelles. Réduire la pauvreté par l'apprentissage local, CRDI, ISBN 1-55250-329-1 e-ISBN 1-55250-347-X, 120.
- Tella, I., Kongs, A., Verlep, P., 1990 Outbreak of intestinal shistosomiasis in Senegal River basin, *An. Soc. Belge, Méd. Trop.* 70, 173-180.
- Thies, E., 1995 Principaux ligneux (agro-) forestiers de la Guinées. Zone de transition : Guinée Bissau, Guinée, Côte D'Ivoire, Ghana, Togo, Benin, Nigeria, Cameroun, GTZ.
- Toner, C.V. Sparks, D. L. & Carski, T. H., 1989 Anion exchange chemistry of Middle Atlantic soil: charge properties and nitrate retention kinetics. *Soil Science Society American Journal*, 53, 1061-1067

- Traoré, K., Oliver R., Gigou, J., Ganry, F., 2004 Les karités améliorent la matière organique et la fertilité du sol à trois niveaux du top séquence au Mali du Sud. In : Colloque international sur l'influence de la gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone. Paris : IRD, 2004, 113-122.
- UICN, 2005 Les invasions biologiques: une menace importante pour la biodiversité en Europe et un défi pour l'Union Mondiale pour la Nature, Regional Office for Europe, ROFE, n° 8, 1-8.
- UICN, 2004 Prévention et gestion des espèces étrangères envahissantes : mise en œuvre de la coopération en Afrique de l'ouest. Compte rendu de l'atelier régional d'accra, Ghana du 9 au 11 mars 2004, 1-117.
- UICN, 2000a Visión del agua y la naturaleza. Estrategia mundial para la conservación y el manejo sostenible de recursos hídricos en el siglo XXI, World Water Vision, Canada, 1-52.
- UICN, 2000b Les lignes directives de l'UICN pour la prévention de la perte de la diversité biologique causée par des espèces exotiques envahissantes. Approuvées par le conseil à sa 51^e réunion, 1-16.
- UICN, PRB et USAID, 1996 (World Conservation Union, Population Reference Bureau and US Agency for International development) Water and population dynamics, Local approaches to a global challenge. Washington, D.C., 3-30.
- Ulmanu, M., Anger I., Lakatos, J. Et Aura, G., 2003 Contribution to some heavy metals removal from aqueous solution using peat, Proceeding of the First International Conference on Environmental Research and Assessment, Bucharest, Romania, March 23-27, 185-192.
- UNESCO, 2005. L'eau et la santé à l'occasion de la journée mondiale de la santé. Bulletin d'information du portail de l'eau de l'UNESCO. n° 87, 1-8.
- UNESCO, 1998 Nouveaux regards sur l'Afrique. Centre du Patrimoine mondial de l'UNESCO, UNESCO, Paris 1998, 14.
- UNFPA, 1997 (United Nations Population Fund) Population and sustainable development, Five years after Rio, New York, UNFPA, 1-36.
- Van Kleunen M., B. Schmid, 2003 No evidence for an evolutionary increased competitive ability in an invasive plant, *Ecology* (84), 2816-2823.
- Van Puyvelde L., Geysen D., Ayobangira F. X., Hakizamungu E., Kalisa A., 1985 Screening of medicinal plants of Rwanda for acaricidal activity. *J. Ethnopharm.* 13, 209-215

- Vitousek, P. M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L. et Westbooks, R., 1996. Biological invasions as global environmental change, *American Scientist* 84: 468-478.
- Vogel, S. M., 1981 *For Spirits and Kings*, African Art from the Tishman Collection, New York, The Metropolitan Museum of Art, 256.
- VonMaydell, H. J., 1983 Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. *GTZ*, 531.
- Warner D., 1998 Drinking water supply and environmental sanitation for health, Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, Mar. 19-21, 1-10.
- Warren. D. M., 1993 Indigenous knowledge and sustainable agriculture and rural development in Africa: Policy issues and strategies for the twenty-first century, Annual meeting of the African Studies Association, Boston, 1-9.
- WCFSD, 1997 World commission on forests and sustainable development (WCFSD) Africa regional hearing, Document de base; Secrétariat de la WCFSD, Genève avril WCFSD/86/97, 1-31.
- Wijk, C. V., 1985 Participation of women in water supply and sanitation: Roles and realities. (Technical Paper Series; N° 22 The Hague: IRC International Water and Sanitation Centre and UNDP/PROWESS, 1-191.
- WRM (World Rainforest Movement), 2006 Afrique du Sud : les effets des plantations d'arbres sur les oiseaux. Bulletin 106 du WRM, mai, 1-27
- Wunenburger, J-J., 1981. *Le sacré*. Presses Universitaires de France, 1-128.
- Wyndham, F. S., 2002, The Transmission of Traditional Plant Knowledge in Community Contexts: A Human Ecosystem Perspective J. R., Stepp, F. S. Wyndham, and R. K. Zarger (dirs.), *Ethnobiology and Biocultural Diversity*. Proceedings of the Seventh International Congress of Ethnobiology, The International Society of Ethnobiology, 549-560.
- Zachara J. M., McKinley J. P., 1993 Influence of hydrolysis on the sorption of metal cations by smectites: importance of edge coordination reactions, *Aquatic Sciences* 55(4), 250-261.